

前 言

本书为 M70/M700/M70V/M700V 系列产品的编程培训教程。本教程内容由 M70/M700/M70V/M700V 系列各类说明书中提取并进行部分的扩展，基本涵盖了三菱 CNC 基本的编程知识。

通过对本教程的学习，可以使学员在较短的时间内掌握三菱 CNC 的编程知识。本教程主要内容包括：NC 编程概念、坐标系介绍、基本 G 代码编程、宏程序编程、高速高精度应用等。

本教程适用的对象主要是具备机床基本操作技能的编程人员、适合快速入门及现场查阅使用，对于具备较高编程基础的人员，请以三菱正式的编程说明书为参考。

希望本教程的推出，对您快速掌握三菱 CNC 编程有所帮助。

本书全篇由钟卫东编写，郑茂齐校审。受作者水平限制，不足之处，敬请指正。

本教材记述内容中的注意事项

- ◇ 有关“限制事项”和“允许条件”等注意事项说明，如果本教程的内容与机床制造商的说明书有矛盾时，请以机床制造商的说明书为准。
- ◇ 本书没有记述的事项请参考三菱电机CNC 产品的其他相关说明书资料。
- ◇ 本书是针对附加了全部选配功能的机床进行的说明，使用时请以机床厂家发行的规格书为准加以确认。
- ◇ 因 NC 系统的版本不同，画面、功能也有所不同，有时会存在不可通用的功能。

三菱电机自动化（中国）有限公司

技术支援部—CNC

2010 年 6 月

目 录

1. 概述.....	1
2. 控制轴.....	2
2.1 坐标与控制轴.....	2
2.2 坐标系与坐标原点标记.....	3
3. 数据格式.....	6
3.1 控制装置使用的指令格式.....	6
3.2 字、单节、程序的概念.....	8
4. 指令单位.....	9
5. 位置指令.....	11
5.1 位置指令方式 G90,G91.....	11
5.2 英制指令与公制指令 G20,G21.....	12
5.3 小数点输入.....	13
6. 插补功能.....	16
6.1 快速进给 G00.....	16
6.2 直线插补 G01.....	17
6.3 平面选择 G17,G18,G19.....	18
6.4 圆弧插补 G02,G03.....	19
6.5 螺纹切削 G33.....	22
6.5.1 固定导程螺纹切削.....	22
6.5.2 英制螺纹切削.....	24
6.6 单向定位 G60 (M 系).....	25
6.7 圆筒插补 G07.1.....	26
7. 进给功能.....	30
7.1 快速进给速度.....	30
7.2 切削进给速度.....	30
7.3 F1 数位进给.....	30
7.4 非同期进给/同期进给 G94,G95.....	31
7.5 反比例进给 G93.....	32
7.6 准确定位检查 G09.....	34
7.7 准确定位检查模式 G61.....	35
8. 延时功能 G04.....	36
8.1 每秒延时 G04.....	36
9. 辅助功能 M.....	37
9.1 辅助功能 M.....	37
9.1.1 程序停止 M00.....	37
9.1.2 选择停止 M01.....	38
9.1.3 程序结束 M02 (M30).....	38
9.1.4 宏中断 M96, M97.....	39
9.1.5 子程序呼叫, 结束 M98, M99.....	39
10. 主轴功能 S.....	41
10.1 主轴功能.....	41

10.2 恒表面速度控制 G96,G97	41
10.3 主轴钳制速度设定 G92	42
11. 刀具功能 T.....	43
12. 刀具补偿功能	44
12.1 刀具补偿概念	44
12.2 刀具长度补偿	44
12.3 刀具半径补偿功能	47
13. 程序支持功能	51
13.1 固定循环	51
13.1.1 钻孔, 中心定位钻孔 G81 (M 系)	55
13.1.2 钻孔, 镗阶梯孔 G82 (M 系)	55
13.1.3 深钻孔循环 G83 (M 系)	56
13.1.4 攻丝循环 G84 (M 系)	58
13.1.5 镗孔 G85 (M 系)	60
13.1.6 镗孔 G86 (M 系).....	60
13.1.7 背镗孔 G87 (M 系)	61
13.1.8 镗孔 G88 (M 系)	62
13.1.9 镗孔 G89 (M 系)	62
13.1.10 步进循环 G73 (M 系)	63
13.1.11 反向攻丝循环 G74 (M 系)	64
13.1.12 圆切削 G75 (M 系)	65
13.1.13 精镗孔 G76 (M 系)	66
13.1.14 固定循环使用注意事项	67
13.1.15 初始点 R 点返回 G98,G99.....	69
13.2 子程序控制 M98,M99,M198.....	69
14. 坐标系设定功能	72
14.1 工件坐标系设定 G54~G59	72
14.2 坐标系设定 G92 (M 系)	74
15. 用户宏程序.....	76
15.1 宏程序概念	76
15.2 自变量与局变量的概念	76
15.3 宏程序运算指令	79
15.4 宏程序例子	83
15.5 宏程序编写注意事项	87
16. 高速度、高精度、高速高精度、SSS 加工编程方法.....	88
16.1 高速度 G05 P1, G05 P2.....	88
16.2 高精度 G61.1, G08.....	89
16.3 高速高精度.....	90
16.4 SSS 控制	91
17. 测试题	93
18. G 代码一览表	96
19. 参考答案	100
20. 参考书目	106

1. 概述

数控编程是将零件图纸转换成数控系统可以识别的 G 代码程序的一个过程，编程一般同时包含加工工艺分析及程序编写两部分。本教程主要介绍编程部分。数控编程分为手工编程和自动编程。手工编程是指编程的各个阶段均由人工完成。对于几何形状复杂的零件需借助计算机使用规定的数控语言编写零件源程序，经过处理后生成加工程序，称为自动编程。本手册对手工编程做相关的讲解

本手册以三菱 M7 系列数控系统为基础，做一些比较基础的讲解。主要包含三部分内容：1，对“轴”的概念，坐标的概念及原点的概念的介绍。2，也包含编程中最常见的插补（含长度及半径补偿）、进给、固定循环功能的介绍。3，是进阶的加工宏程序。

2.轴控制

2.1 坐标与控制轴

立铣床一般有三根伺服轴，三轴的名称一般分别按“X、Y、Z”命名，轴正方向一般按笛卡尔坐标系的标准确定，即：右手母子、食指、中指相互成 90° 张开，母子、食指、中指分别为第一、第二和第三轴（本教程中以传统常见的X、Y、Z轴名称进行说明），手指指向为相应坐标的正方向。下图2-1及2-2分别为铣床系及车床坐标系图。

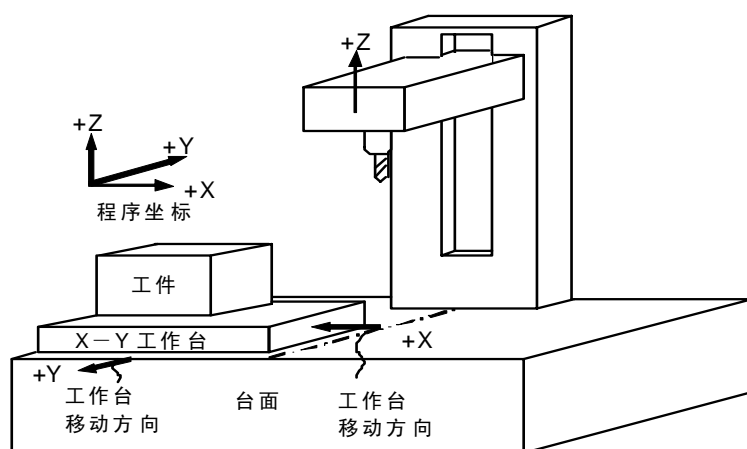


图 2-1 铣床坐标系

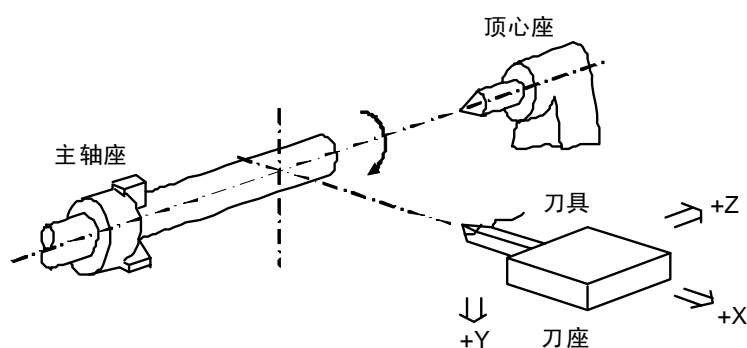
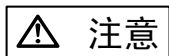


图 2-2 车床坐标系

车床坐标系判断方法也适用于斜床身。

**注意**

坐标系的判定，最终以机床制造商的说明书为准。

2.2 坐标系和坐标原点标记

概念理解：

什么是参考点？

距离的判断需要有参照物，参考点是机床上一个“参照物”。通常又叫“电气原点”。

什么是机械坐标原点？

机械原点是根据参考点设定的一个原点（通常在机械行程的边缘），机床的运动即是以此点为参照的。

什么是工件坐标原点？

定加工工艺时，通常需要在工件上定义一个基准点，这个基准点到机械原点的距离即是工件坐标系，也就是大家常用的 G54-G59 坐标。

本教程中，参考点、机械坐标原点、工件坐标原点用下图 2-3 符号标识：

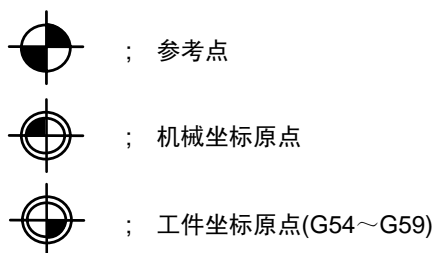


图 2-3 参考点、机械坐标原点、工件坐标原点符号

参考点、机械坐标原点、工件坐标系的关系如下图 2-4 所示：

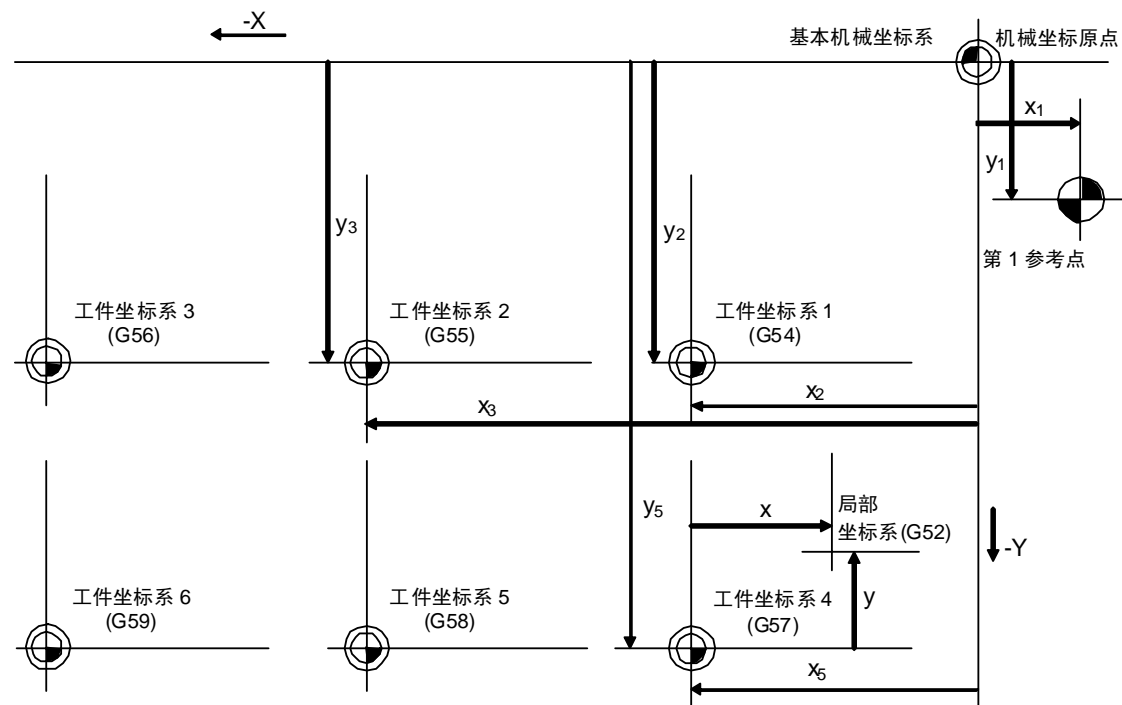


图 2-4 参考点、机械坐标原点、工件坐标系的关系
使用 G92 坐标系设定时，相关坐标的移位情况如下图 2-5：

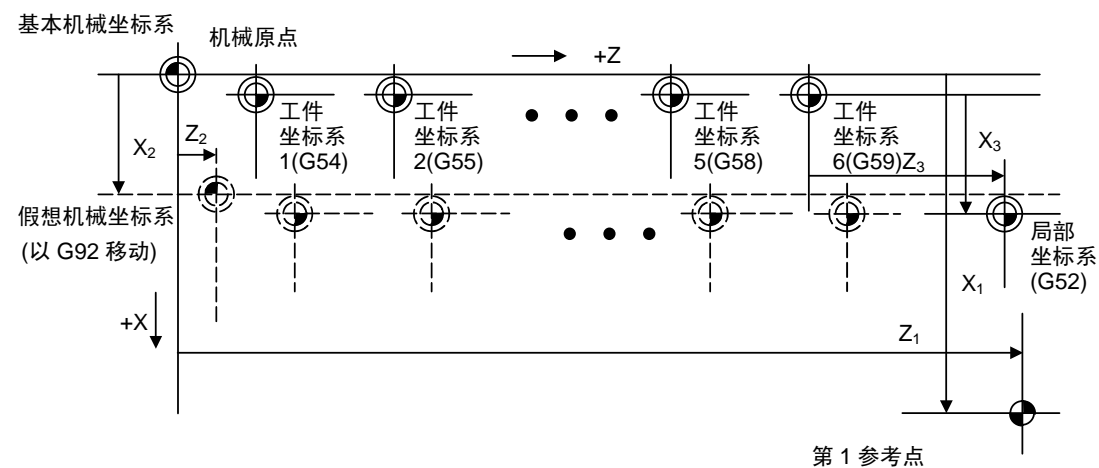


图 2-5 G92 对相关坐标系的影响



- 1、使用 G92 时，机械坐标系会发生变更，所以工件坐标系也会同时发生变化（G54-G59 也发生了移位），使用后建议返回参考点。
- 2、局部坐标系（G52）在工件坐标系 1~6 所指定的坐标系中有效。

第一章小结：

本章主要概述轴名称命名和轴的方向判断方法、以及几种坐标系的区别。其中，坐标系部分，请充分理解其含义，如错误设定或使用，可能会造成设备损害。

小测试：

1. 请简述如何使用笛卡尔坐标系判断轴的方向。
2. 请简述参考点、机械坐标原点、工件坐标系的区别。
3. 请简述 G52 及 G92 的关系及使用注意事项。

3.数据格式

3.1 控制装置使用的指令格式

3.1.1 单节结束及程序结束的符号

在 M7 编程中，单节结束符及程序结束符分别使用 “;” 和 “%”。见下表 3-1

使用键 \ 使用代码	ISO	画面显示
单节结束	LF 或是 NL	;
程序结束	%	%

表 3-1 结束符号表

指令格式详情见下表 3-2

		公制指令	英制指令	旋转轴(公制指令)	旋转轴（英制指令）
程序编号		08	←	←	←
PLC 编号		N6	←	←	←
准备功能		G3/G21	←	←	←
移动轴	0.001(度)mm/0.001inch	X+53 Y+53 Z+53 α+53	X+44 Y+44 Z+44 α+44	X+53 Y+53 Z+53 α+53	X+53 Y+53 Z+53 α+53
	0.0001(度)mm/0.0001inch	X+54 Y+54 Z+54 α+54	X+45 Y+45 Z+45 α+45	X+54 Y+54 Z+54 α+54	X+54 Y+54 Z+54 α+54
	0.00001(度)mm/0.00001inch	X+55 Y+55 Z+55 α+55	X+46 Y+46 Z+46 α+46	X+55 Y+55 Z+55 α+55	X+55 Y+55 Z+55 α+55
	0.000001(度)mm/0.000001inch	X+56 Y+56 Z+56 α+56	X+47 Y+47 Z+47 α+47	X+56 Y+56 Z+56 α+56	X+56 Y+56 Z+56 α+56
圆弧 刀具半径	0.001(度)mm/0.001inch	I+53 J+53 K+53	I+44 J+44 K+44	I+53 J+53 K+53	I+53 J+53 K+53 (注 5)
	0.0001(度)mm/0.0001inch	I+54 J+54 K+54	I+45 J+45 K+45	I+54 J+54 K+54	I+54 J+54 K+54 (注 5)
	0.00001(度)mm/0.00001inch	I+55 J+55 K+55	I+46 J+46 K+46	I+55 J+55 K+55	I+55 J+55 K+55 (注 5)
	0.000001(度)mm/0.000001inch	I+56 J+56 K+56	I+47 J+47 K+47	I+56 J+56 K+56	I+56 J+56 K+56 (注 5)
延时	0.001(秒)	X53/P8	←	←	←
进给 (每分钟)	0.001(度)mm/0.001inch	F63	F54	F63	F54(注 6)
	0.0001(度)mm/0.0001inch	F64	F55	F64	F55(注 6)
	0.00001(度)mm/0.00001inch	F65	F56	F65	F56(注 6)
	0.000001(度)mm/0.000001inch	F66	F57	F66	F57(注 6)
进给 (每转)	0.0001(度)mm/0.0001inch	F33	F34	F33	F34(注 6)
	0.00001(度)mm/0.00001inch	F34	F35	F34	F35(注 6)
	0.000001(度)mm/0.000001inch	F35	F36	F35	F36(注 6)
	0.0000001(度)mm/0.0000001inch	F36	F37	F36	F37(注 6)
刀具补偿		H3 D3	←	←	←
辅助功能 (M)		M8	←	←	←
主轴功能 (S)		S8	←	←	←
刀具功能 (T)		T8	←	←	←
第 2 辅助功能		A8/B8/C8	←	←	←
子程序		P8 H5 L4	←	←	←
固定 循环	0.001(度)mm/0.001inch	R+53 Q53 P8 L4	R+44 Q44 P8 L4	R+53 Q53 P8 L4	R+53 Q53 P8 L4
	0.0001(度)mm/0.0001inch	R+54 Q54 P8 L4	R+45 Q45 P8 L4	R+54 Q54 P8 L4	R+54 Q54 P8 L4
	0.00001(度)mm/0.00001inch	R+55 Q55 P8 L4	R+46 Q46 P8 L4	R+55 Q55 P8 L4	R+55 Q55 P8 L4
	0.000001(度)mm/0.000001inch	R+56 Q56 P8 L4	R+47 Q47 P8 L4	R+56 Q56 P8 L4	R+56 Q56 P8 L4

表 3-2 指令格式表

(注 1) α 表示 A,B,C 等辅助轴地址。

(注 2) 字的位数检查是在该地址的最高位进行。

(注 3) 所有数字都可以省略空位（位于开头的 0）。

(注 4) 详细概述的含义如下所示。

(例 1) 08 : 8 位的程序编号。

(例 2) G21 : 维数 G 为小数点左侧 2 位, 右侧 1 位。

(例 3) X+53: 维数 X 具有+或-的符号, 小数点左侧 5 位, 右侧 3 位。

例如、表现 X 轴在绝对值 (G90) 模式下, 定位到 45.123mm 的位置 (G00) 时。

G00 X45.123

小数点以下3位

由于是小数点以上5位, 所以虽然是+0045, 但是忽略空位(开头的0)及符号(+)

G0也可

(注 5) 使用英制指令时, 当在旋转轴上与直线轴上指定圆弧时, 将 1 度换算为 0.1inch, 进行插补。

(注 6) 使用英制指令时的旋转轴速度, 以 10 度为单位。

例) F1. (每分钟进给) 指令是 10 度/分的指令。

(注 7) 当指定小数点无效的指令, 例如 S 指令时, 在指令中带有小数点, 则小数点之后被跳跃。

(注 8) 本格式对记忆、MDI、设定显示装置的数值输入均相同。

(注 9) 程序编号在单独单节中指令。另外、在程序开头指令程序编号。

3.2 字、单节、程序的概念

字（语句），为按照一定顺序排列的字符的集合，以字为单位，对信息进行处理，让机械执行某个特定的动作。例如 G21, 即为一个字，表示公制。又如 M6, 也为一个字，表示换刀动作。

单节，为若干个字的集合、包含让机械执行某一特定动作所需的信息、以单节为单位，构成完整的指令。单节的结尾通过 EOB（在控制器上显示为“；”）代码表示分隔。

程序，若干个单节的集合，形成一个程序，以程序结束符“%”结束。

字、单节和程序的关系如下：

程序例：

```
G90G54G40G80G49; (“G90、G54、G40、G80、G49” 5 个字和 “;” 构成一个单节)
T1M6;
M8 ; ( “ M8 ” 是 一 个 字 ， “ M8 ” 和 “ ; ” 构 成 一 个 单 节 )
G1X100.Y100.Z100.F1000;
M30;
%
```

小结：

本章主要介绍 NC 程序的组成格式，是编程的基础。

小测试：

1. LF 或 NL 是单节结束符，在 NC 屏幕上显示的是“;”（判断）
2. 在单节“G90G54G40G80G49;”中，“G90”是单节里的一个字（判断）
3. 程序由若干单节构成，单节由若干字构成（判断）

4.指令单位

功能介绍：
是诸如补偿量等各轴通用的设定数据的单位。是通过MDI输入、指令纸带进行指令的程序中移动量单位。以mm、inch、度(°) 为单位显示。

可通过参数，为各轴分别选择输入指令单位及输入设定单位（此处仅作参考）
详细参考下表4-1

	参数	直线轴		旋转轴 (°)
		公制	英制	
输入设定单位	#1003 iunit = B	0.001	0.0001	0.001
	= C	0.0001	0.00001	0.0001
	= D	0.00001	0.000001	0.00001
	= E	0.000001	0.0000001	0.000001
指令单位	#1015 cunit = 0	服从#1003 iunit		
	= 1	0.0001	0.00001	0.0001
	= 10	0.001	0.0001	0.001
	= 100	0.01	0.001	0.01
	= 1000	0.1	0.01	0.1
	= 10000	1.0	0.1	1.0

表4-1输入输出单位表

(注1) 英制/公制的切换，可通过参数画面进行(#1041 I_inch; 仅接通电源时有效)，也可通过G指令(G20,G21)进行。但是、通过G指令只可以切换输入指令单位、无法实现输入设定单位的切换。因此、刀具补偿量等补偿量及变量数据，请预先按照输入设定单位进行设定。

(注2) 公制单位与英制单位不能同时使用。

(注3) 当在输入指令单位不同的轴之间进行圆弧插补时，使用输入设定单位指定中心指令(I, J, K)及半径指令(R)。(为了避免混淆，请以带小数点的形式进行指定。)

详细说明：

(1) 各数据的单位
决定参数设定单位及程序指令单位、PLC轴・手轮脉冲等外部接口单位的是输入设定单位。随着输入设定单位的变化、各数据的单位也同时发生变化。下面表格4-2的对象轴为NC轴・PLC轴。

4. 指令单位

数据	单位系	设定值	输入设定单位			
			1 μ m (B)	0.1 μ m (C)	10nm (D)	1nm (E)
速度数据 例:rapid	公制	20000(mm/min)	20000	20000	20000	20000
		设定范围	1~999999	1~999999	1~999999	1~999999
	英制	2000(inch/min)	2000	2000	2000	2000
		设定范围	1~999999	1~999999	1~999999	1~999999
位置数据 例:SoftLimit+	公制	123.123(mm)	123.123	123.1230	123.12300	123.123000
		设定范围	\pm 99999.999	\pm 99999.9999	\pm 99999.99999	\pm 99999.999999
	英制	12.1234(inch)	12.1234	12.12340	12.123400	12.1234000
		设定范围	\pm 9999.9999	\pm 9999.99999	\pm 9999.999999	\pm 9999.9999999
插补单位数据	公制	1(μ m)	2	20	200	2000
		设定范围	\pm 9999	\pm 9999	\pm 9999	\pm 9999
	英制	0.001(inch)	2	20	200	2000
		设定范围	\pm 9999	\pm 9999	\pm 9999	\pm 9999

表 4-2 NC 轴、PLC 轴指令单位表

(2) 程序指令

程序指令单位如上表所示。对于有小数点的数据、每当输入设定单位变小时、整数部分的位数维持原状、小数点部分的位数则增加。对于没有小数点的数据、当发出位置指令时、受到输入设定单位与输入指令单位的影响。关于进给速度、当输入设定单位变小时、整数部分的位数维持原状、小数点部分的位数则增加。

小结:

本章主要介绍NC的输入输出指令单位，是NC编程的基础

小测试:

- 1、指令分为公制和英制两大类（判断）
- 2、G指令只可以切换输入指令单位、无法实现输入设定单位的切换（判断）

5.位置指令

5.1 位置指令方式 G90,G91

功能介绍:

G90,G91 用于指定之后的坐标系是绝对值还是相对值。但是，通过 R 指令指定的圆弧半径及通过 I、J、K 指令指定的圆弧中心，总是相对值。

指令格式:

G90/G91 Xx Yy Zz; (式中，xyz 为坐标值)

详细说明:

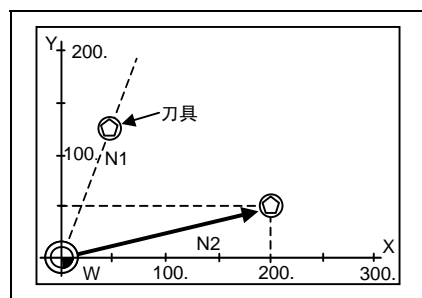
- (1) 在绝对值模式 (G90 模式) 中，与当前的位置无关，以下程序可移动到指定的位置 (以当前使用的工件坐标系位置为基准)。

N1 G90 G0 X0.Y0.; (返回工件坐标 XY 原点)

在增量值模式 (G91 模式) 中，以当前的位置作为起点 (0)，将程序中指定的值作为相对值，进行移动。

N2 G90 G1 X200.Y50.F100; (移动到工件坐标中 X 为 200mm、Y 为 50mm 的位置)

N2 G91 G1 X200.Y50.F100; (相对当前点移动 X 为 200mm、Y 为 50mm 的位置)



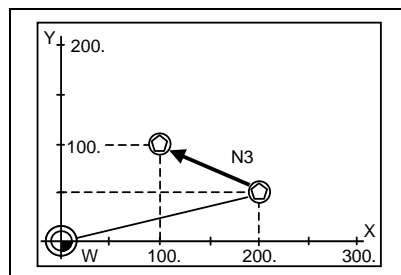
- (2) 对于绝对/增量模态的确定，是以最后指令的 G90/G91 作为模态，进行运行。

N3 X100.Y100.; (之前为 G90 模态时)

移动到工件坐标系中，X 为 100mm、Y 为 100mm 的位置。

N3 X100.Y100.; (之前为 G91 模态时)

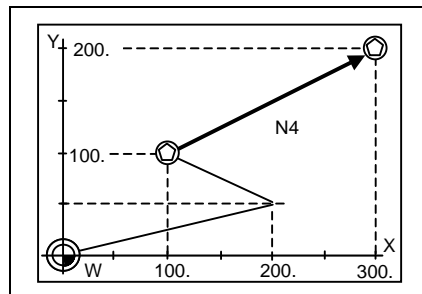
作为增量值，X 轴移动-100mm、Y 轴移动+50mm，其结果，就是移动到 X 为 100mm、Y 为 100mm 的位置。



- (3) 由于在同一单节中，可进行多次指令，所以可只将特定的地址指令为绝对值或增量值。

N4 G90 X300.G91 Y100.;

通过 G90，以绝对值模式控制 X 轴，移动到工件坐标系的 300mm 的位置，同时，通过 G91，将 Y 轴移动+100mm，其结果，Y 移动到 200mm 的位置。对于之后的单节，G91 作为模态，决定了之后的指令均为增量值模式。



- (4) 接通电源时，是绝对值模态还是增量值模态，请以机床制造商的说明书为准。

- (5) MDI 模式下，以上 4 条“详细说明”亦适用。

5.2 英制指令与公制指令 G20,G21

功能介绍:

G20,G21 用于指定之后的坐标值是英制还是公制。

指令格式:

G21;

G20;

详细说明:

(1) G20,G21 仅切换指令单位, 无法切换输入单位。并且, G20,G21 的切换, 仅对直线轴有意义, 对旋转轴没有意义。

(2) 断电或复位之后, 下表 5-1 中各项英制及公制单位的确认, 请以机床制造商的说明书为准。

NC 轴项目	由机床制造商确定单位
移动・速度指令	公制/英制
计数器显示	公制/英制
速度表示	公制/英制
用户参数设定・显示	公制/英制
工件・刀具偏置设定・显示	公制/英制
手轮进给指令	公制/英制
PLC 轴项目	
移动・速度指令	公制/英制
计数器显示	公制/英制
用户参数设定・显示	公制/英制

表 5-1 位置指令确认表

注意事项:

- 1、 G20/G21 不可与 G05、G7.1 (圆筒插补)、G12.1 (极坐标插补) 在同一单节, 否则会发生 P33 报警。
- 2、 英制/公制转换过程中, 特别需要注意坐标系的转换, 否则, 易发生危险。

5.3 小数点输入

功能介绍：

小数点用于指定移动距离等数据的单位（毫米 mm/英寸 inch），小数点之前的数值单位为毫米 mm 或英寸 inch。

详细说明：

- (1) 小数点指令对加工程序中的距离、角度、时间、速度及换算倍率指令有效。
- (2) 小数点输入类型 1 与类型 2 中，根据指令单位体系，无小数点数据的指令值有如下表 5-2 所示的不同（具体类型需要查阅机床制造商的说明书）。

指令	指令单位	类型 1	类型 2
X1;	cunit=10000	1000 (μm , 10^{-4}inch , 10^{-3}°)	1 (mm, inch, $^\circ$)
	cunit= 1000	100	1
	cunit= 100	10	1
	cunit= 10	1	1

表 5-2 小数点指令类型 1、类型 2 表

- (3) 小数点指令的有效地址为 X,Y,Z,U,V,W,A,B,C,I,J,K,E,F,P,Q,R。但是，P 仅在换算倍率时有效。详情请参阅一览表。
- (4) 小数点指令中的有效位数如下表 5-3。（输入指令单位 cunit=10 时）

	移动指令（直线）	移动指令（旋转）	进给速度	延时
输入单位 [mm]	-99999.999~ 99999.999	-99999.999~ 99999.999	0.001~ 10000000.000	0~99999.999
输入单位 [inch]	-9999.9999~ 9999.9999		0.0001~ 1000000.0000	

表5-3小数点指令有效位数表

- (5) 小数点指令对子程序中使用的变量数据的定义指令也有效。
- (6) 当小数点指令有效时，无小数点指定指令的最小单位，可选择规格中所规定的最小输入指令单位（ $1\mu\text{m}$ 、 $10\mu\text{m}$ 等），或mm。通过参数#1078 Decpt2进行选择（该规格，以机床制造商的说明书为准）。
- (7) 对于小数点无效地址进行的小数点指令，仅将小数点以下部分后的整数部分作为数据加以处理。小数点无效地址，包括如下地址。[D、H、L、M、N、O、S、T]。但是，在变量指令中，全部作为带小数点数据加以使用。
- (8) 指令单位10倍适用于小数点类型I有效时，小数点类型II有效时不适用。
- (9) 其他情况的小数点有效或无效，请参考下页的“5-4地址与小数点指令的有效/无效一览表”

5. 位置指令

地址	小数点指令	用途	备注
A	有效	坐标位置数据	
	无效	旋转工作台	
	无效	辅助功能代码	
	有效	角度数据	
	无效	数据设定、轴编号(G10)	
B	有效	坐标位置数据	
	无效	旋转工作台	
	无效	辅助功能代码	
C	有效	坐标位置数据	
	无效	旋转工作台	
	无效	辅助功能代码	
	有效	转角倒角量	,c
D	无效	补偿编号 (刀具位置、刀具半径)	
	有效	自动刀具长度测定:减速 距离 d	
	无效	数据设定:二进制形数据	
	无效	子程序存储装置编号	,D
E	有效	英制螺纹圈数、 精密螺线程	
F	有效	进给速度、自动刀具长度 测量速度	
	有效	螺线程	
	有效	同期攻牙时的 Z 轴位数	
G	有效	准备功能代码	
H	无效	刀具长度补偿编号	
	无效	子程序内的 PLC 编号	
	无效	程序参数输入:位形数据	
	无效	基准主轴选择	
I	有效	圆弧中心·图形旋转中心 的坐标	
	有效	刀具半径补偿的矢量成分	
	有效	特殊固定循环的孔间距	
	有效	圆切削中圆的半径(增量)	
	有效	G0/G1 就位宽度钻孔循环 G0 就位宽度	,I
	有效	移动前行程检查下限坐标	

地址	小数点指令	用途	备注
J	有效	圆弧中心·图形旋转中心 的坐标	
	有效	刀具半径补偿的矢量成分	
	有效	特殊固定循环的孔间距或 是角度	
	有效	G0/G1 就位宽度钻孔循环 G1 就位宽度	,J
	有效	移动前行程检查下限坐标	
K	有效	圆弧中心·图形旋转中心 的坐标	
	有效	刀具半径补偿的矢量成分	
	无效	特殊固定循环的孔个数	
	无效	钻孔循环往返次数	
	有效	移动前行程检查下限坐标	
L	无效	固定循环·子程序往返次 数	
	无效	程序刀具补偿输入/工件 偏置输入:种类选择	L2,L20, L10,L11 L12,L13
	无效	程序参数输入:数据设定选 择	L70
	无效	程序参数输入:2 字型数据	4 进制
	无效	刀具寿命数据	
M	无效	辅助功能代码	
N	无效	PLC 编号	
	无效	程序参数输入的数据编号	
O	无效	程序编号	
P	无效/ 有效	延时时间	参数
	无效	子程序呼叫程序编号	
	无效/ 有效	攻牙循环的孔底延时	参数
	无效	特殊固定循环的孔个数	
	无效	螺纹的间距数	
	无效	偏置编号(G10)	
	无效	恒表面速度控制轴编号	

表5-4地址与小数点指令的有效/无效一览表

地址	小数点指令	用途	备注
P	无效	程序参数输入:大区分编号	
	无效	多级跳跃功能 2 信号指令	
	无效	子程序返回目标 PLC 编号	
	无效	第 2,3,4 参考点返回编号	
	有效	比例倍率	
	无效	高速模式类型	
	无效	扩展工件坐标系编号	
	无效	刀具寿命数据组编号	
Q	有效	深钻孔循环的切入量	
	有效	背镗的偏置量	
	有效	精镗的偏置量	
	无效	主轴最低钳制转速	
	有效	螺纹切削开始移位角度	
	无效	刀具寿命数据管理方式	
R	有效	固定循环的 R 点	
	有效	R 指定圆弧的半径	
	有效	转角 R 倒角圆弧半径	,R
	有效	偏置量(G10)	
	无效	同期攻牙/非同期攻牙的切换	
	有效	自动刀具长度测定:减速距离 r	
	有效	旋转角度	
S	无效	主轴功能代码	
	无效	主轴最高钳制转速	
	无效	恒表面速度控制:表面速度	
	无效	程序参数输入:字符形数据	2进制
T	无效	刀具功能代码	
U	有效	坐标位置数据	
V	有效	坐标位置数据	
W	有效	坐标位置数据	
X	有效	坐标位置数据	
	有效	延时时间	
Y	有效	坐标位置数据	
Z	有效	坐标位置数据	

表5-4地址与小数点指令的有效/无效一览表

小结:

本章主要介绍位置指令，重点是绝对位置相对位置的确认，公制英制的确认和小数点有效位数的确认。

小测试:

- 1、G90、G91 是非模态 G 代码（判断）
- 2、G90 是绝对位置指令（判断）
- 3、公制英制的切换不适用于旋转轴（判断）

6. 插补功能

6.1 快速进给 G00

功能介绍：

G00 用于快速将机床移动到指定的位置（一般是以非插补的方式移动）

指令格式：

G90 G00 Xx Yy Zz; （此例中使用 G90 绝对位置）。

x y z 为坐标值

详细说明：

- (1) 执行一次 G00 指令之后，G00 模态会一直保持，直到执行同一组的其他 G 代码（与 G00 同组的 G 代码包含：G01、G02、G03、G33，该 5 个 G 代码同属“01 组”）后，G00 模态才解除。因此，如果下一指令仍然是 G00，则编程时只指定坐标即可，不需要重复的编写“G00”。
- (2) 在 G00 模态下，总是在单节的起点、终点进行加速、减速。
- (3) G00 指令执行时，09 组的 G 代码模态（G72~G89）会被取消（变成 G80 模态）。
- (4) 可通过参数选择刀具的路径为直线或非直线。无论选择哪个，定位的时间都不会发生改变。
- (a) 直线路径………与直线插补（G01）相同、速度受到各轴的快速进给速度限制。
- (b) 非直线路径………以各轴独立的快速进给速度进行定位。

程序例：

G91 G00 X-270.Y300.Z150.;

下图 6-1 虚线为机床移动路径，虽然移动时是三轴同时移动，但是并非插补运动。

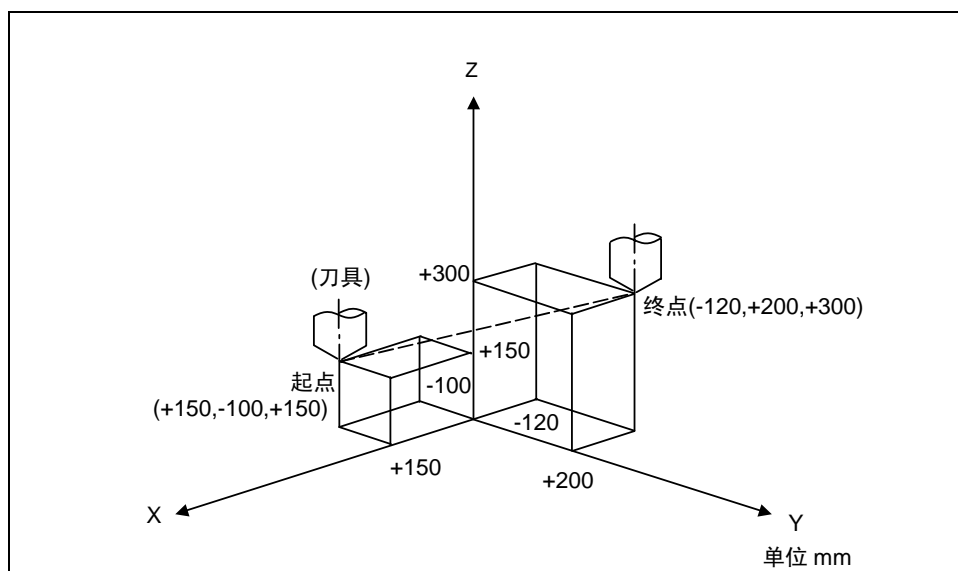
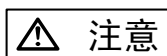


图 6-1 轴非插补移动示意图



注意

在程序中，一个单独的 G，会被系统当成 G00 执行。

6.2 直线插补 G01

功能介绍：

G01 用于直线加工进给，运行的方式是：直线+插补模式。G01 的运行速度受 F 指令控制，编程时，必须要用 F 指令指定速度。

指令格式：

G91 G01 Xx Yy Zz Ff;

x y z 为坐标值

f 为进给速度

详细说明：

- (1) 执行一次 G01 指令之后，G01 模态会一直保持，直到执行同一组的其他 G 代码（与 G01 同组的 G 代码包含：G00、G02、G03、G33，该 5 个 G 代码同属“01 组”）后，G01 模态才解除。因此，如果下一指令仍然是 G01，则编程时只指定坐标即可，不需要重复的编写“G01”。
- (2) F 指令也是模态指令，在该模态没有被取消之前，G1 会一直按照第一次指定的速度运行。

程序例（图 6-2）：

G90 G00 X20.Y20.; (P0-P1)

G01 X40.Y50.F500; (P1-P2)

X70.(P2-P3);

Y20.(P3-P4);

X20.(P4-P1);

其中，P0-P1 为快速进给，P1-P2,P2-P3,P3-P4,P4-P1 是以 300mm/min 的速度进给。

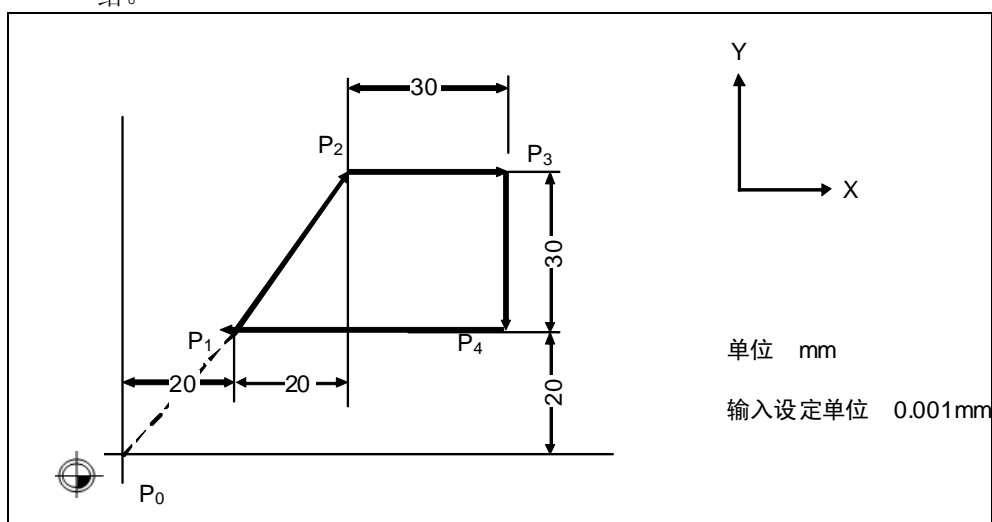


图 6-2 移动路径示意图

6.3 平面选择 G17,G18,G19

功能介绍:

G17,G18,G19 用于指定笛卡尔坐标系三个不同的平面 (XY,XZ,YZ 平面), 指定相应的平面后, 圆弧插补 (含螺旋插补)、刀具半径补偿、固定循环定位平面都以该平面为基准。

指令格式:

G17; (XY 平面)

G18; (XZ 平面)

G19; (YZ 平面)

详细说明:

(1) 下图 6-3 所示, G17,G18,G19 三个平面与 X,Y,Z 轴的关系

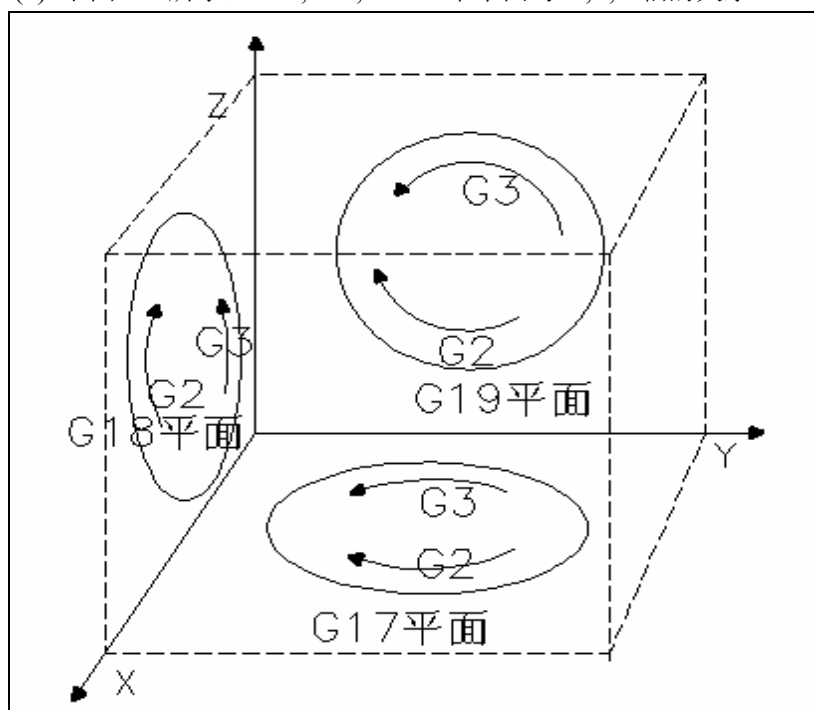


图 6-3 G17,G18,G19 三个平面关系示意图

(2) 机床开机时会有一个默认平面, 立铣床一般开机默认为 G17 平面, 具体情况, 请以机床制造商的说明书为准。

6.4 圆弧插补 G02,G03

功能介绍：

G02,G03 指令用于控制机床进行圆弧插补。

指令格式：

G02(G03) Xx Yy Zz Ii Jj Kk Ff;

G02(G03) Xx Yy Zz Rr Ff;

x y z 为圆弧终点坐标值

i j k 分别为圆弧起点到圆弧圆心在 X、Y、Z 轴方向的向量

r 为圆弧半径

f 为进给速度

详细说明：

- (1) 当使用 G17 平面时，终点坐标中仅输入 X,Y 轴坐标；当使用 G18 平面时，终点坐标仅输入 X,Z 坐标；当使用 G19 平面时，终点坐标仅输入 Y,Z 坐标。
- (2) G02,G03 与 G00,G01,G33 同属 01 组 G 代码，当同一组其他模态指令执行时 G02,G03 将被取消。
- (3) G02 是顺时针插补；G03 是逆时针插补。有关顺逆时针在不同平面的判断，请参考下图 6-4：

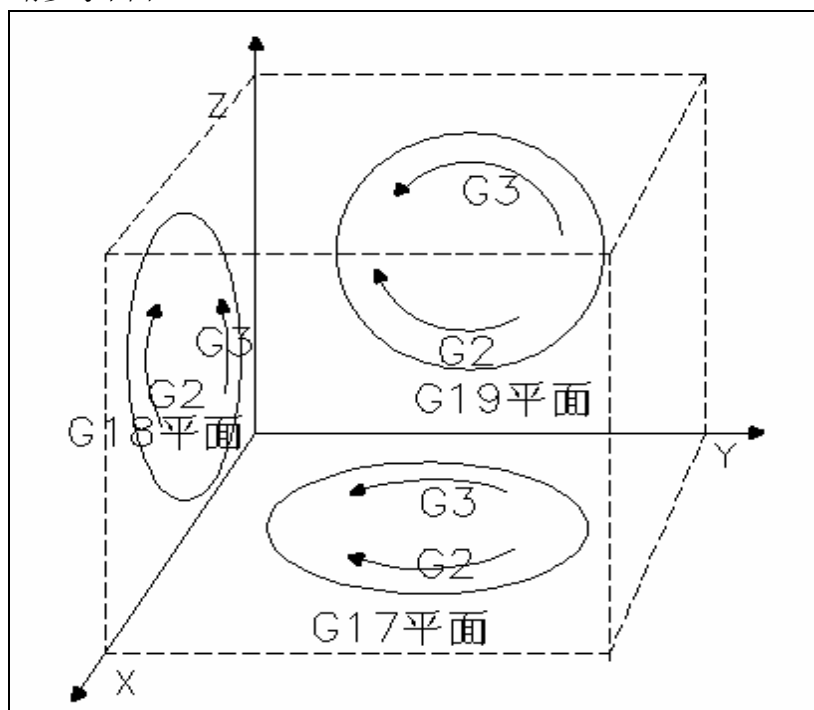


图 6-4 顺时针逆时针插补关系图

6. 插补功能

程序例：

例1， 下图为 1 个完整圆弧，使用增量值编程（G91），如图 6-5。

程序 1：

```
G91 G02 X0.Y0.I0.J50.F500;
```

该图形中，圆弧起点和终点重合，因此，“程序 1”中的“X0.Y0.”可以省略；。圆弧起点到圆心在 X 方向的向量为 0，“程序 1”中“I0.”也可以省略。因此，程序 1 可以写成“程序 2”：

程序 2：

```
G91 G2 J50.F500;
```

以上“程序 1”、“程序 2”使用起点到圆心向量方式编写，接写来是使用 R 指定半径方式。

R 指定半径的编程方式适用于对非完整圆的编程，该图形为完整的圆弧，使用 R 指定半径的编程方式需要先将圆分解成两部分（即分解成非完整的圆）此例中以轴线“Y”将圆分解成两个半圆，编程方式如“程序 3”：

程序 3：

```
G91 G2 X0.Y100.R50.F500;
```

```
X0.Y-100.R50;
```

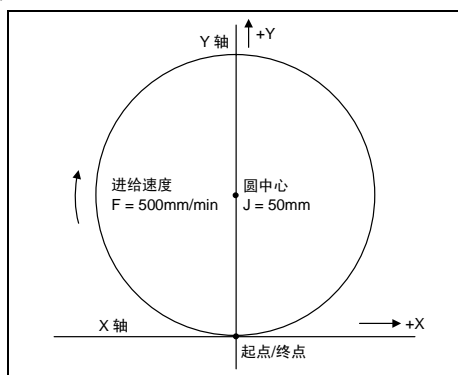


图 6-5 例 1 程序路径

例2， 下图为一个 3/4 圆弧，使用增量值方式编程，如图 6-6。

与上例相同，该例也可以使用两种方式编写：

程序 1： G91 G02 X50.Y50.I0.J50.F500;

程序 2： G91 G02 X50.Y50.R-50.F500;

注意：使用 R 指定半径方式编程写时，若圆弧小于等于 180° ，R 值为正；圆弧大于等于 180° 时，R 值应当是负值。

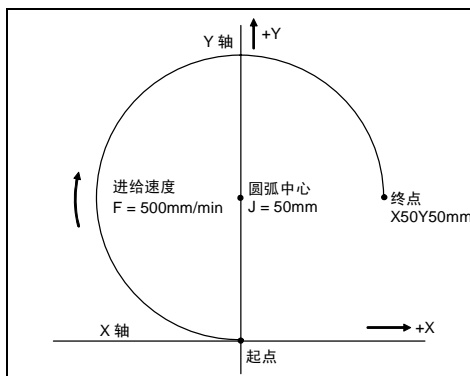


图 6-6 例 2 程序路径

注意事项:

(1) 在圆弧指令中, 顺时针旋转 (G02)、逆时针旋转 (G03) 是以“在笛卡尔坐标系中, 从与对象平面垂直相交的坐标轴的正方向, 向负方向看”来判断的。

(2) 如果编程时将终点坐标全部省略, 或是终点与起点位于同一位置, 则使用 I、J、K 指定圆弧中心时, 变为指定 360° 的圆弧 (整圆)。

(3) 在圆弧指令中, 如果起点半径与终点半径不一致 (通常由: 手工编程时的计算错误; 自动编程时的图形精度、CAM 软件计算精度造成), 则如下:

当误差超出在一定范围内时, 系统发出“P70”报警如图 6-7 (该误差范围由机床制造商设定, 具体设定值以机床制造商的说明书为准)。

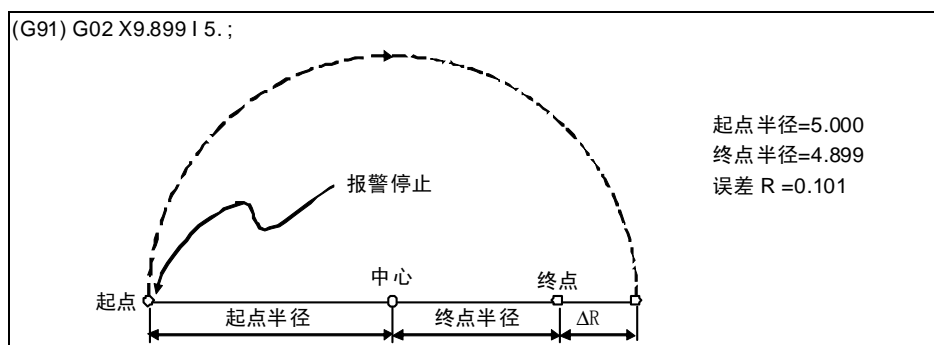


图 6-7 P70 报警示意图

当误差在一定范围内时 (未超出机床制造商设定的误差允许范围), 实际轨迹是涡旋曲线, 如图 6-8。

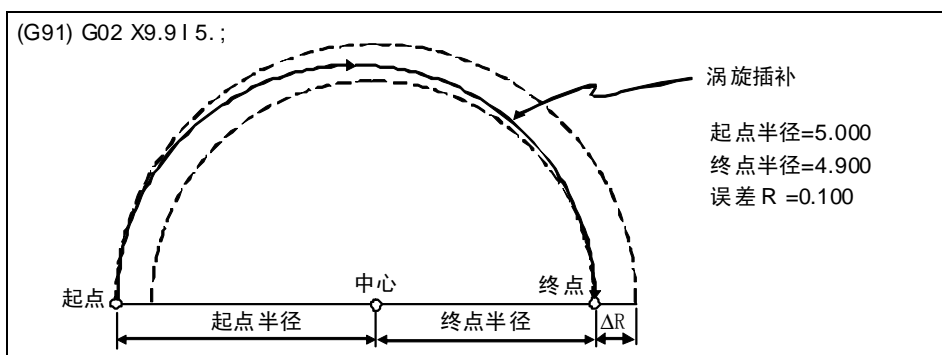


图 6-8 圆弧误差示意图

(4) 因“终点坐标”+“半径 R”实际上存在两个不同的圆弧, 因此需要使用 R 的正负号来区分, 如下图 6-9。

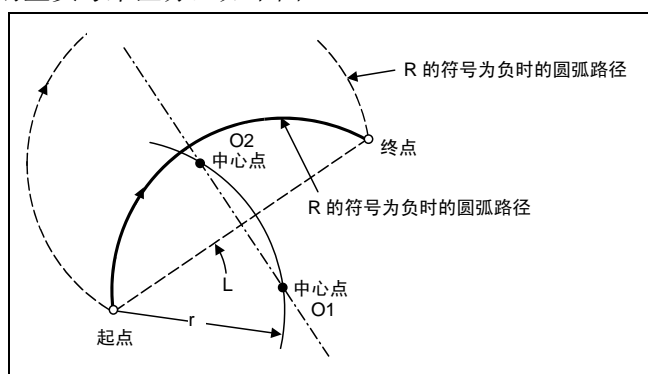


图 6-9 R 值指定两个圆弧示意图

6.5 螺纹切削 G33

6.5.1 固定导程螺纹切削

功能介绍:

G33 用于直螺纹、锥形螺纹等各类固定导程的螺纹的加工。也可通过指定螺纹起始角的方式实现多头螺纹的切削。

指令格式:

G33 Zz Xx Yy Ff Qq;
G33 Zz Xx Yy Ee Qq;
x y z 为螺纹终点坐标
f 为螺纹导程（以移动量最大的轴的导程为准）
q 为螺纹起始角
e 为英制螺纹导程（以移动量最大的轴的导程为准）

详细说明:

- (1) E指令可用于指定英制螺纹切削的螺纹圈数或精密导程，具体使用哪一种类型，以机床制造商的说明书为准。
- (2) 指定螺纹切削中移动距离较长的轴方向的导程，作为锥形螺纹的导程，如下图6-10。

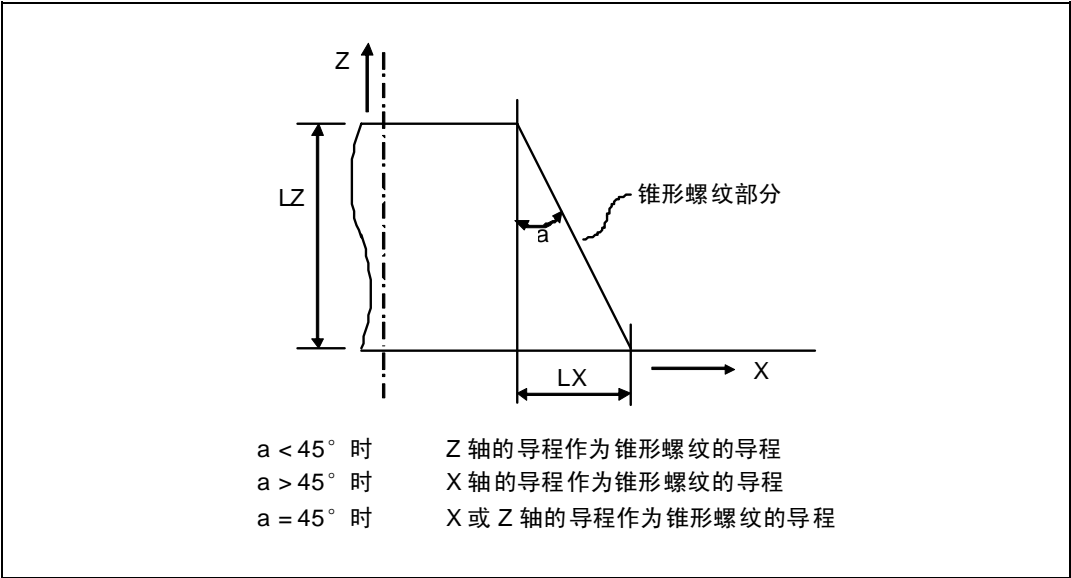


图6-10 锥形螺纹导程选择示意图

- (3) 请不要在锥形螺纹切削指令或是直螺纹切削指令中使用恒表面速度控制。
- (4) 螺纹切削指令会等待旋转编码器的同期信号，然后开始移动。但是在多系统中，进行螺纹切削时，系统间等待后，指令螺纹切削。举例，双系统中配1台主轴的情况下，其中一个系统正在进行螺纹切削，此时对其他系统发出螺纹切削指令，则系统不等待旋转编码器同期信号就开始移动，无法进行正确的螺纹切削。
- (5) 粗加工及精加工的过程，主轴的转速请保持恒定。

- (6) 螺纹切削中，如果因回馈等待而停止进给，会导致螺纹乱牙，所以在螺纹切削过程中，不能进行回馈等待。如果在螺纹切削中按了回馈等待开关，则螺纹切削结束后(退出G33模式后)，在下一单节的终点停止。
- (7) 对于转换后的切削进给速度，在开始螺纹切削时，系统会对切削进给速度与切削进给钳制速度进行比较，如果超过钳制速度，则发生操作错误报警。
- (8) 在螺纹切削中，为了保证切削导程正确，转换后的切削进给速度可能会超过切削进给钳制速度。
- (9) 在开始螺纹切削及螺纹切削结束时，通常会因为伺服系统的延迟而导致导程误差较大。
- 因此，在指定螺纹长度时，必须指定在所需螺纹长度上加上错误导程长度后的长度。
- (10) 在螺纹切削中，空运转同样有效，但是空运转进给速度与主轴转速不同步。
- (11) 在非同步进给（G94）指令时，螺纹切削指令也不会变为同步进给。
- (12) 在螺纹切削中，主轴倍率及切削进给倍率无效，变为100%固定。
- (13) 螺纹切削之前的模态如果包含了刀具半径补偿模态，螺纹切削指令发出时，将临时取消刀具半径补偿，执行螺纹切削。
- (14) 如果在执行G33时将模式切换为其他自动模式，则在执行完下一节非螺纹切削节之后，自动运转停止。
- (15) 如果在执行G33时将模式切换为手动模式，则在执行完下一节非螺纹切削指令之后，自动运转停止。
- (16) 在螺纹切削中，自动手轮中断有效。
- (17) 螺纹切削开始角度并非模态。当G33中没有Q指令时，看作为“Q0”。
- (18) G33中Q的指令超过360.时，发生程序错误报警（P35）。
- (19) G33在1个循环中对1条螺纹进行切削。切削第2条螺纹时，请变更Q的值，执行同一程序。

程序例，如下图 6-11：

该工件在机床上的坐标信息如下：

- (1) 工件坐标 G54 在 X 方向在工件轴心，Z 方向在工件端面。
- (2) 工件外径 100mm，螺纹长度 50mm，螺距 2mm。
- (3) 螺纹开始切削位置在 G54 坐标系 X-48.25，终点位置在 X-48.25,Z-50.。

程序如下(程序中工艺为假定值，实际加工时，请另行确定)：

N10 G90 G54;	指定绝对值方式及工件坐标系
N20 G00 X-48.25 Z10;	快速定位到螺纹开始切削位置
N30 S500M3;	主轴正转
N40 G4X1.;	暂停，等待主轴转速稳定
N50 G33 Z-60.F2.;	开始螺纹切削
N60 G00 X-55;	螺纹切削完成，首先 X 方向退刀
N70 Z10;	Z 方向退刀
N80 M30;	程序结束

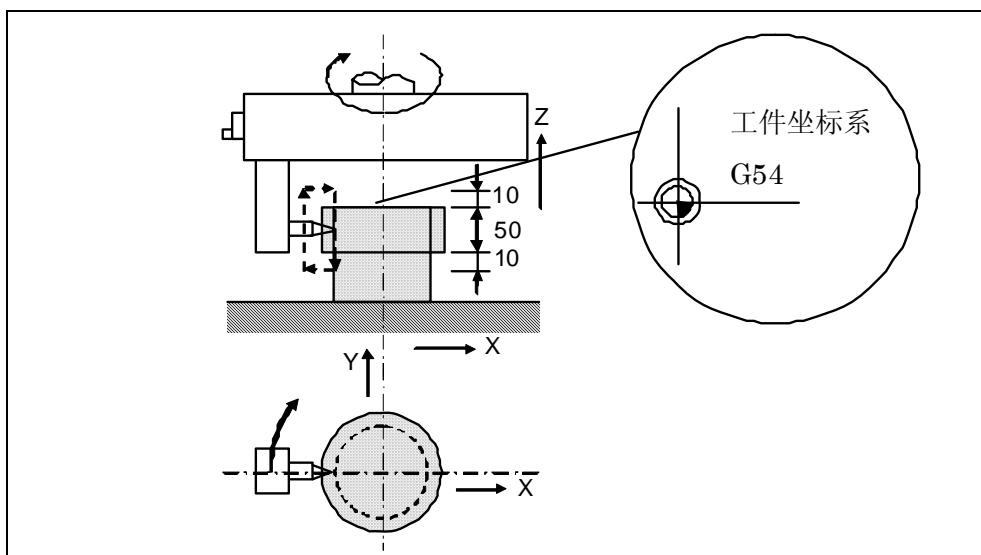


图 6-11 G33 动作示意图

6.5.2 英制螺纹切削

功能介绍：

可对英制螺纹进行切削控制。

指令格式：

G33 Zz Xx Yy Ee Qq;

详见 6.5.1“指令格式”

详细说明：

详见 6.5.1“详细说明”

英制螺纹切削注意事项：

- (1) E 值指定螺纹切削中移动量最大的轴的螺纹数（每英寸螺纹数）作为该英制螺纹每英寸的螺纹数。
- (2) E 代码也可用于精密导程长度的指定，是否使用该规格，请以机床制造商的说明书为准。
- (3) E 的指令值、请设定为进行导程换算之后，在导程值的范围之内的值（E 值大于 0 小于 39，更细小的范围确定请以机床制造商的说明书为准）。
- (4) 其他情况以固定导程螺纹切削为准。

6.6 单向定位 G60 (M 系)

功能介绍：

G60 用于执行单向定位，可以有效的消除机械误差带来的影响。

指令格式：

G60 Xx Yy Zz

x y z 为执行定位的位置

详细说明：

(1) 机床制造商预先在参数中设定了单向定位距离 h ，执行单向定位时，机床先移动到距终点 $-h$ 的位置，再移动到终点位置，完成定位。如下图6-12，起点A、起点B单向定位到终点D的用作分别是：P1 -P2 -P3；P1' -P2' -P3'。

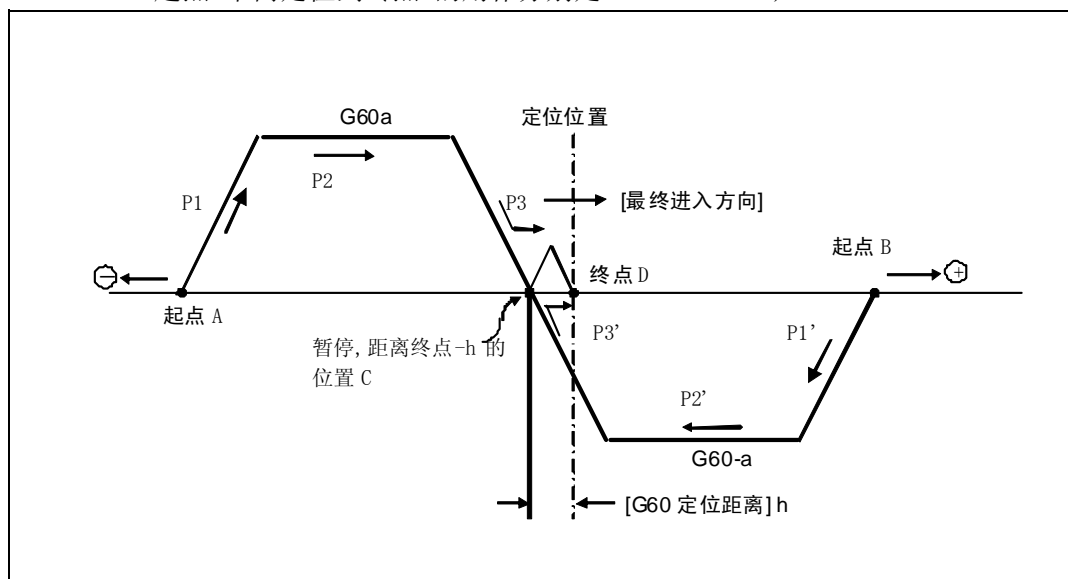


图6-12 G60定位示意图

- (2) 在机床锁定及Z轴取消时进行Z轴单向定位指令，则同样按上图的轨迹完成定位动作。（仅NC坐标发生变化）
- (3) 当启动镜像时，虽然在到达中间位置前，会因为镜像而向反方向移动，但是最终进入时的定位距离 h 的动作不会受到镜像的影响。
- (4) 在G0空运转有效时的空运转中，以空运转速度移动到终点。
- (5) 可通过重新启动、紧急停止、互锁、回馈等待、快速进给倍率0（零），在最终定位时的定位距离移动中，停止进给。定位距离移动中的速度，按照快速进给的设定进行移动。另外，快速进给倍率有效。
- (6) 对于钻孔固定循环中的钻孔轴，不可进行单向定位。
- (7) 精镗孔、背镗固定循环中的移位量移动中，不进行单向定位。
- (8) 单向定位总是非插补型定位。
- (9) 如果在未没有单向定位规格的NC上指令了G60，则发生程序错误（P61）。机床是否包含该功能，请以机床制造商的说明书为准。
- (10) G60可能是模态的也可能是非模态的，取消模态可能是G00，也可能是G01，具体规格，和机床的规格及设置有关，请以机床制造商的说明书为准。

6.7 圆筒插补 G07.1

功能介绍：

圆筒插补是将位于圆筒侧面的形状（圆筒坐标系中的形状）展开为平面，将展开后的形状作为平面坐标，执行程序指令，在机械加工时，转换为圆筒坐标的直线轴与旋转轴的移动，进行轮廓控制，如下图 6-13。

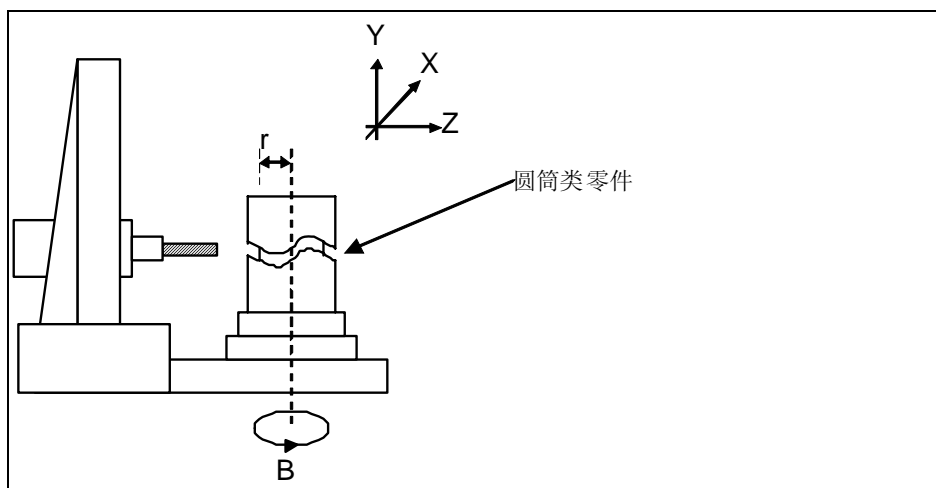


图 6-13 圆筒插补示意图 1

由于可以将圆筒侧面展开后的形状进行编程，所以可进行圆筒凸轮等的加工。在旋转轴及与之直角相交的轴上执行程序指令，则可在圆筒侧面进行沟槽等的加工。

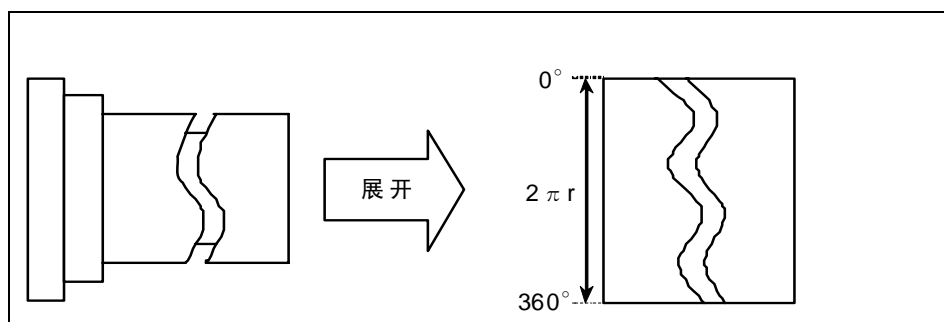


图 6-13 圆筒插补示意图 2

指令格式：

G07.1 Cc; （圆筒插补开始）
 Xx Cc'; （圆筒坐标系内的指令值）
 G07.1 C0; （圆筒插补结束）
 c 为圆筒半径值
 c' 为角度值

详细说明：

- (1) 在单独单节指令G07.1。如果在同一节中指定其他G代码，则发生程序错误（P33）。
- (2) 以角度为单位对旋转轴进行编程。
- (3) 圆筒插补模式中，可进行直线插补或圆弧插补指令。在G07.1单节之前，请

执行平面选择指令。

(4) 坐标指令可采用绝对指令，也可以采用增量指令。

(5) 对于程序指令，可附加刀具半径补偿。对刀具半径补偿后的路径进行圆筒插补。

(6) 对于进给速度，请以F指定圆筒展开中的线速度。F单位为mm/min或是inch/min。

(7) 关于圆筒插补的精度，在圆筒插补模式中，将以角度进行指令的旋转轴移动量转换为圆周上的距离，进行与其他轴之间的直线、圆弧插补运算之后，再次转换为角度。为此，当圆筒的半径较小时，实际的移动量可能会与指令值不同。不过，此时发生的误差不会累积。

(8) 关于圆筒插补中的F指令根据执行F指令前的每分钟进给指令(G94/G98)、每转进给指令(G95/G99)的模式，决定是否使用圆筒插补模式中的F指令。

(a) G07.1之前为G94(G98)时

当在圆筒插补中没有F指令时，直接使用之前的F指令的进给速度。圆筒插补模式取消后的进给速度，保持圆筒插补模式开始时，或是圆筒插补中所设定的最终F指令的进给速度。

(b) G07.1之前为G95(G99)时

圆筒插补中，由于无法直接使用之前的F指令的进给速度，所以必须执行新的F指令。

圆筒插补模式取消后的进给速度，恢复到圆筒插补模式开始前的状态。

(9) 圆筒插补中的平面选择，包含 G17,G18,G19,具体使用哪个，请以机床制造商的说明书为准。

(10) G07.1 模式下，可以使用下列 G 代码, 使用下表之外的 G 代码, 会发生 P481 报警，如下表 6-1。

G 代码	内容
G00	定位
G01	直线插补
G02	顺时针圆弧插补(限使用 R 指令方式)
G03	逆时针圆弧插补(限使用 R 指令方式)
G04	延时
G09	准确定位检查
G40-42	刀具半径补偿
G61	准确定位检查模式
G64	切削模式
G65	用户宏(单纯呼叫)
G66	用户宏(模态呼叫)
G66.1	用户宏(各宏单节呼叫)
G67	用户宏取消(模态呼叫取消)
G80-89	钻孔固定循环
G90/91	绝对/增量
G94	非同期进给
G98	固定循环/初始点返回
G99	固定循环/R 点返回

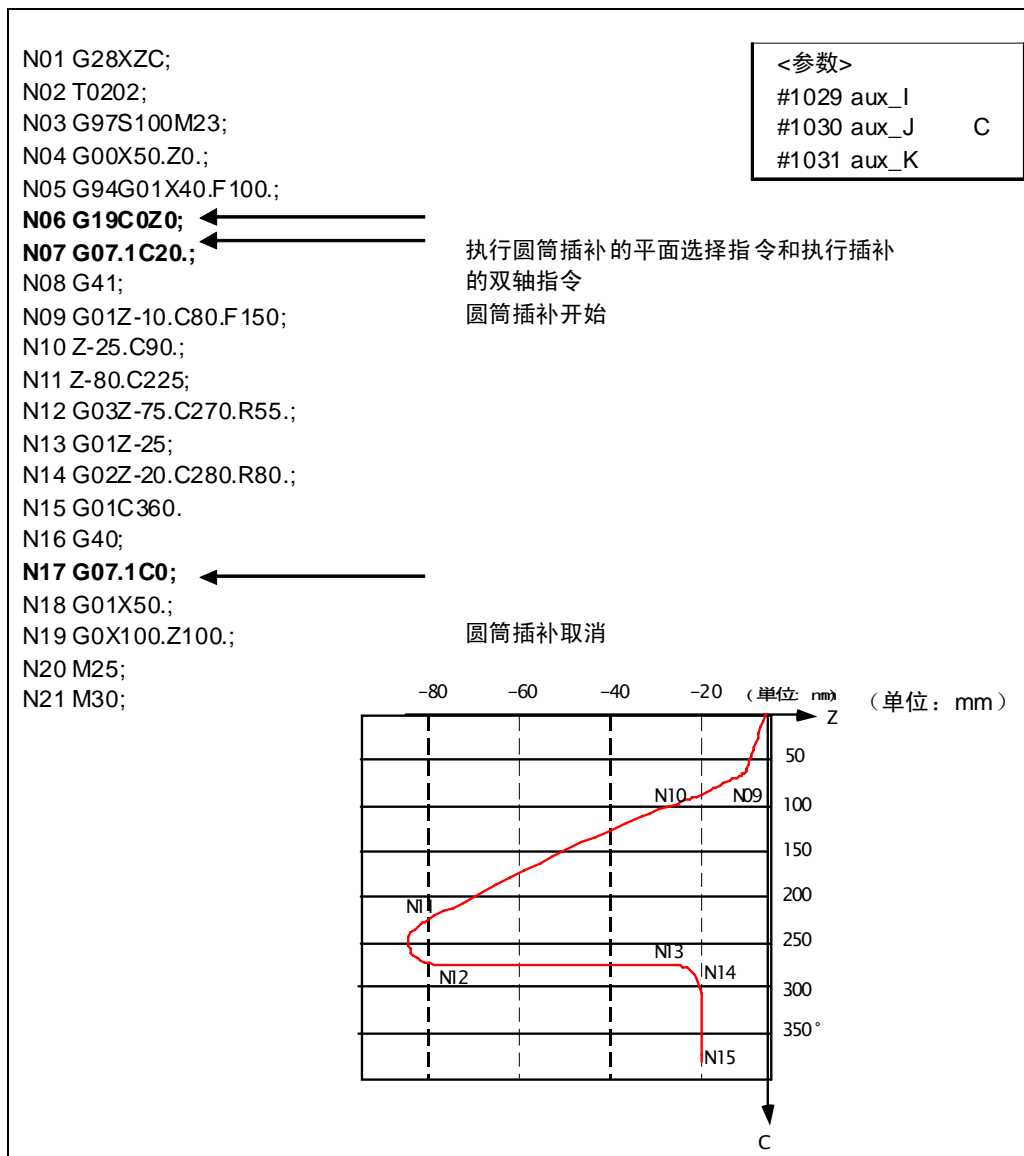
表 6-1 可与 G07.1 搭配的 G 代码一览表

- (11) 圆筒插补与刀具半径补偿。刀具半径补偿可以在 G07.1 模式中建立。但是不可将半径补偿指令与圆筒插补指令放在一个单节，这样会发生报警 P485。
- (12) 圆筒插补模式中不可建立刀具长度补偿，如果需要建立长度补偿，请在圆筒插补之前建立。
- (13) 刀具半径补偿、长度补偿，请注意在完成补偿动作后再执行插补。
- (14) 圆筒插补模式为非同期模式，不可使用 G96、M（主轴运转相关）指令、S（主轴转速相关）指令。

限制及注意事项：

- (1) 在接通电源及复位时，圆筒插补模式为取消状态。
- (2) 如果圆筒插补中的指令轴中包括未完成参考点返回的轴，则发生程序错误（P484）。
- (3) 在取消圆筒插补模式时，必须先取消刀具半径补偿。
- (4) 通过取消圆筒插补模式切换为切削模式，返回圆筒插补前所选中的平面。
- (5) 圆筒插补中的单节，无法执行程序再启动。
- (6) 当在镜像中执行了圆筒插补指令时，会发生程序错误（P486）。

程序例：



小结：

本章主要介绍常见的插补功能，全章为本教程的重点内容。

小测试：

- 1、G00 通常用于快速定位，G01 通常用于实际插补加工（判断）
- 2、G03 是顺时针插补（判断）
- 3、G60 是单向定位指令（判断）
- 4、圆筒插补可以用于加工凸轮（判断）

7. 进给功能

7.1 快速进给速度

功能介绍:

- (1) 各轴可独立设定快速进给速度。可设定的速度范围为1mm/min~10000000 mm/min。快速进给速度的设定值请参阅机械规格书。
- (2) 快速进给速度对于G00,G27,G28,G29,G30,G60指令有效。
- (3) 高精度控制模式用快速进给速度为有效的G代码指令为G00,G27,G28,G29,G30,G60。
- (4) 高精度控制模式用快速进给速度可通过外部信号设定倍率。

7.2 切削进给速度

功能介绍:

- (1) 通过地址F与8位（F8位直接指定）数字指定切削进给速度。F8位的指定，包括整数部分5位与小数部分3位，带小数点。
- (2) 切削进给速度对G01,G02,G03,G02.1,G03.1指令有效。

7.3 F1数位进给

功能介绍:

- (1) 通过设置F数位进给参数，以预先设定好的，与地址F后的数值所对应的进给速度，作为指令速度(F1-F5,系统中一般会设置好特定的速度，具体情况，请以机床制造商的说明书为准)。
- (2) 指定F0，则变为快速进给速度，变为与G00时相同的进给速度。
- (3) 如果发出F1~F5指令，则分别与之对应设定的进给速度成为实际生效的指令速度。
- (4) F6位以上的指令，被看作为通常的切削进给速度。
- (5) F1数位进给指令仅在G01、G02、G03、G02.1、G03.1模态中有效。
- (6) F1数位进给也可用于固定循环。

7.4 非同期进给/同期进给 G94 G95

功能介绍

G94,G95 用于指定非同期进给（每分钟转进给）及同期进给模式（每转进给）。

指令格式：

G94;
G95;
G94 每分钟进给模式
G95 每转进给模式

详细说明：

- (1) G94 模式时，进给速度上限为系统钳制速度，该规格以机床制造商的说明书为准。
- (2) G95 模式时，显示装置的“位置显示”画面中的 FC，显示的是根据指令速度与主轴转速及切削进给换算为每分钟进给速度后的实际速度（mm/min 或 inch/min）。
- (3) 当上述实际速度超过切削进给钳位速度时，以该钳位速度进行钳位。
- (4) 在执行同步进给(G95)时，当主轴转速为零时，发生操作报警“105”。
- (5) 在空运转时，变为非同步，以手动进给速度（mm/min, inch/min, °/min）进行运转。
- (6) 固定循环 G84（攻牙循环）及 G74（反向攻牙循环）按照已指定的进给模式执行。
- (7) 接通电源时或执行 M02、M30 时，是进行非同步进给（G94），还是进行同步进给（G95），请以机床制造商的说明书为准。

7.5 反比例进给 G93

功能介绍：

曲线加工时，进给速度 F 指定的是刀具中心的速度，因此，当刀具铣削内弧时，实际切削线速度大于刀心速度；切削外弧时，切削线速度小于刀心速度。因此，就会出现各个面因加工速度不一样而面精度也不一样的情况。反比例进给功能，用于克服类似加工工艺缺陷，如下图 7-1 所示。

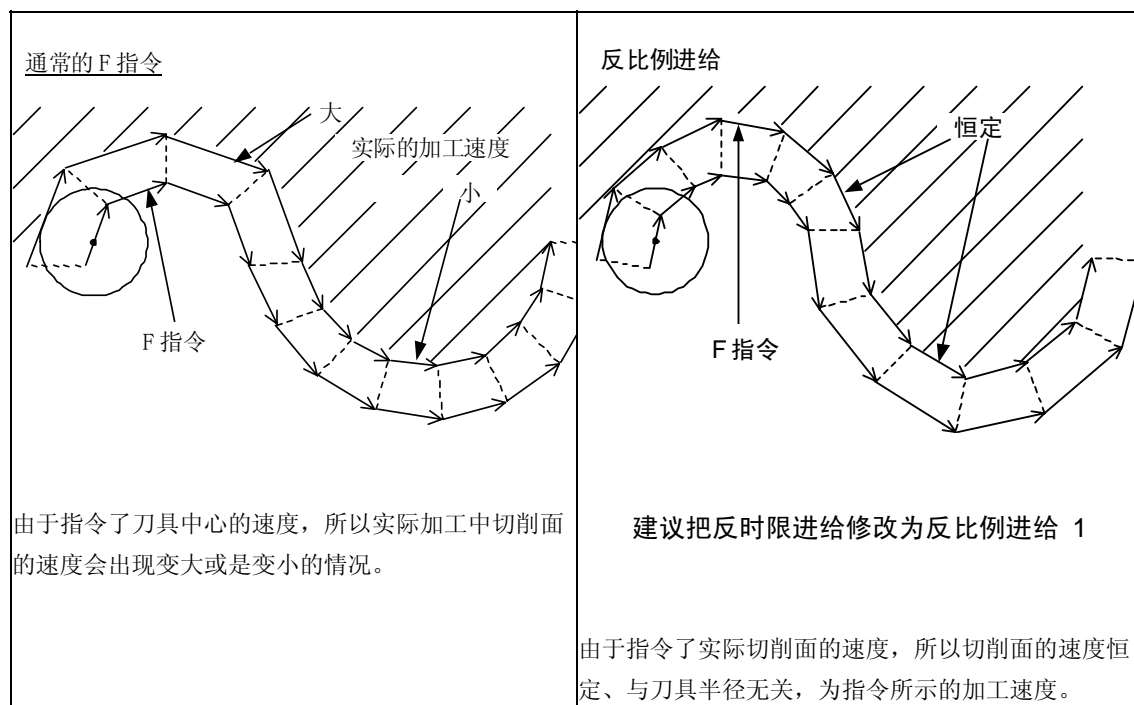


图 7-1 反比例进给与通常控制模式比较示意图

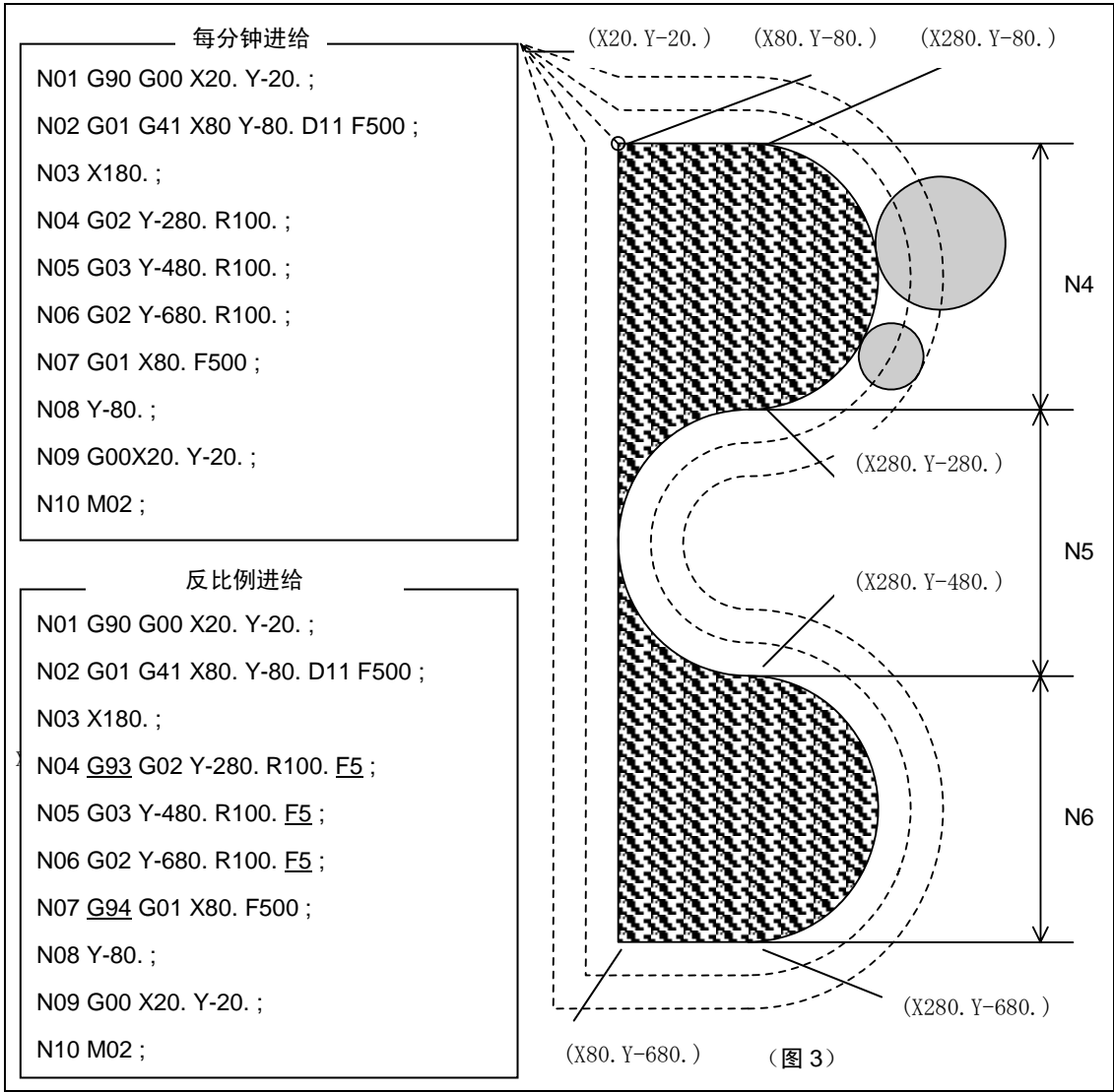
指令格式：

```
G93;
G01 Xx Yy Ff;
G94(G95);
x y      为移动坐标
f        为时间
G94(G95) 为结束反比例控制的模式
```

详细说明：

- (1) 反比例进给(G93)为模态指令。每分钟进给(G94)、每转进给(G95)、复位(M02、M30等)执行时、为反比例进给模式结束。
- (2) 通过反比例进给的F指令值的指令方法详见下表7-1：

程序例：



上例的程序，使用G93与非G93控制的差异对比如下表7-1：

部分 顺序编号	每分钟进给		反比例进给	
	刀具中心的进给速度	切削点的进给速度	刀具中心的进给速度	切削点的进给速度
N04	F500	F450	F550	F500
N05	F500	F550	F450	F500
N06	F500	F450	F550	F500

↓

由于下一个单节中
变更切削速度、出现
下一个单节。

↓

与刀具半径无关
指令的进给速度。

表7-1 G93与非G93控制的差异比较表

- (3) 电源接通后的初始模态为G94(每分钟进给)或是G95(每转进给), 需要使用反比例进给时, 需要指令指定。
- (4) 刀具半径补偿·转角R/C中的插入单节的进给速度与之前单节的进给速度相同。
- (5) 通过C轴法线控制(法线控制类型Ⅱ)的插入单节的进给速度与旋转后的移动单节的进给速度相同。

注意事项:

- (1) 电源接通后的初始模态为G94(每分钟进给)或是G95(每转进给)。
- (2) G93模态中的F指令为非模态。请对各单节指定F指令。无F指令的单节、发生程序错误(P62)。
- (3) 当指令F0时、发生程序错误(P62)。
- (4) 从G93到G94或是G95时、需要F指令。当无F指令时、发生程序错误(P62)。
- (5) 当指定如F0.001很慢的速度时、加工时间会出现误差。
- (6) 与比例缩放共同使用时, F值也需要进行等比例的缩放。

7.6 精确定位检查 G09

功能介绍:

加工时, 在直角拐角处通常会形成一定大小的圆角, 这是由伺服前馈控制造成的, G09 便是用于减小拐角处圆角的 G 代码。

指令格式:

G09;

详细说明:

- (1) G09 是非模态代码, 只对单节有效。
- (2) G09 只对 G01,G02,G03 有效。

程序例, 如图 7-2:

G09 G01 X100.F150;

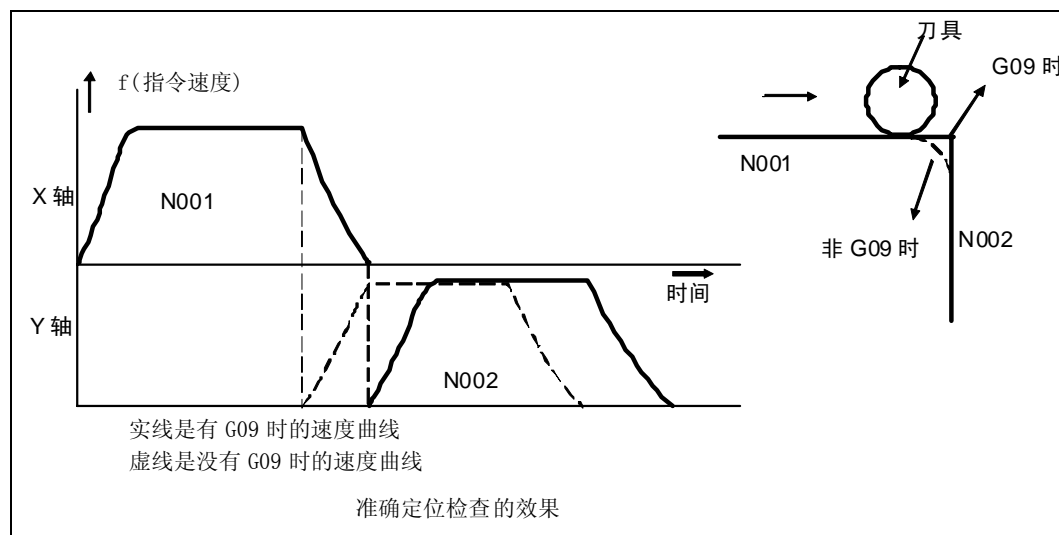


图 7-2 精确定位动作示意图

7.7 准确定位检查模式 G61

功能介绍：

通过G09进行准确定位检查，则仅进行该指令所在单节进行就位状态的确认、而G61则是模态功能。因此G61执行之后的切削指令(G01~G03)中，全部是在各单节的终点进行减速，进行就位状态的检查。G61模态可通过高精度控制模式(G61.1)、自动转角倍率(G62)、攻牙模式(G63)或是切削模式(G64)解除。

指令格式：

G61;

小结：

本章全部内容为本教程的重点。

小测试：

- 1、G94用于指定每分钟进给率，G95用于指定每转进给率（判断）
- 2、反比例进给的主要作用是保持加工面的加工线速度一直（判断）
- 3、G09是精确定位检查G指令（判断）
- 4、G61功能与G09一致，区别在于G61是模态的（判断）

8 延时功能G04

8.1 每秒延时 G04

功能介绍:

G04 用于暂停机床的移动，执行 G04 时程序会暂停若干时间，暂停的时间可以根据需求在编程时定义好。

指令格式:

G04 Xx; (G04 Pp;)

x 为暂停时间

p 为暂停时间

详细说明

- (1) 通过X指定延时时间时，小数点指令有效。
- (2) P指定延时时间时，小数点可能有效也可能无效，这与机床的设定有关，请以机床制造商的说明书为准。
- (3) 小数点指令有效时・无效时的延时时间指令范围如下所示。

小数点指令有效 时指令范围	小数点指令无效 时指令范围
0~99999.999(s)	0~99999999(ms)

- (4) 如果前一程序段存在切削指令，则延时指令将在完成减速停止后开始计算延时时间。与M,S,T,B指令在同一程序段内发出指令时，则同时开始。
- (6) 互锁状态下的延时有效。
- (7) 延时对机床锁定也有效。

程序例:

```
G90G54;  
G1 X100.Y100.Z-100.F1000;  
G4X5.; (暂停5秒)  
G1 X200.Y200.Z-150.;  
G4P5.; (暂停5秒, 此例假定P指定时间时小数点有效)  
G0 X0.Y0.Z0.;  
M30;
```

小结:

本章主要介绍经常使用到的程序暂停功能。

9. 辅助功能 M

9.1 辅助功能 M

功能介绍：
辅助代码 M 用于控制主轴的正转、反转、停止、冷却油的启动、关闭等机床的辅助功能。

详细说明：

- (1) 在M7系列系统中，通过地址M后续8位数值(0~99999999) 进行指定，每个单节内最多可发出4组M指令。
- (2) 1 个程序段内有 5 组以上指令时，最后 4 组有效。
- (3) M 代码输出信号为 8 位 BCD 代码和启动信号。
- (4) M00,M01,M02,M30,M96,M97,M98,M99 共 8 种辅助指令用于特定目的，不可作为一般性辅助指令进行分配。因此，可指定其余 92 种 M 代码作为辅助功能。具体的数值和功能的匹配，请参阅机床制造商发行的说明书。
- (5) M00、M01、M02、M30 设定了预读禁止处理，下一程序段将不被读入预读缓冲区。
- (6) 将 M 功能与移动指令在同一个程序段中指定时，指令的执行顺序包括以下 2 种情况。适用哪一种取决于机床规格，请以机床制造商的说明书为准。
 - (a) 移动完成后，执行 M 功能。
 - (b) 在移动指令的同时执行 M 功能。

9.1.1 程序停止 M00

功能介绍：
读入该辅助功能后，NC将停止下一程序段的读入。主轴旋转、冷却液等机床侧功能是否停止则因机床PLC而异，请以机床制造商的说明书为准。重启时按下机床操作面板上的循环启动按钮。M00中是否复位取决于机床规格，请以机床制造商的说明书为准。

指令格式：
M00;

程序例：

(选择性停止开关与动作
	;	
	N10 G00 X1000; ;	
	N11 M00; ;	程序暂停，需要按下“循环启动”按钮程序才会继续
	N12 G01 X2000 Z3000 F600; ;	
	;	

9.1.2 选择停止M01

功能介绍：

机床操作面板的选择性停止开关接通状态下，程序执行时读入该指令后，将停止读入下一程序段的读入，实现与前述M00指令相同的功能。

指令格式：

M01;

程序例：

(选择性停止开关与动作
	;	
	N10 G00 X1000; ;	
	N11 M01; ;	面板上的选择停止开关接通时在 N11 处停止 面板上的选择停止开关断开时在 N11 处不停止
	N12 G01 X2000 Z3000 F600; ;	
	M30(M02)	

9.1.3 程序结束M02(M30)

功能介绍：

M02 及 M30 用于程序结尾，进行复位和倒带（是否倒带请以机床制造商的说明书为准）。需要注意的是，复位会导致部分模态也恢复成默认值。因此，为了安全，在每个程序开头，都要建立该程序需要的模态信息。

指令格式：

M02(M30);

程序例：

(
	;	
	N10 G00 X1000; ;	
	N11 M01; ;	
	N12 G01 X2000 Z3000 F600; ;	
	M02(M30)	程序复位

9. 辅助功能 M

指令格式：

M98 Pp Hh Ll Dd;

p 为子程序号

h 为顺序号

l 为调用次数

d 为装置号

程序例：

主程序 0002	<pre> § N10 G00 X1000; ; N11 M98 P0001 L5; N12 G01 X2000 Z3000 F600; ; M02(M30)</pre>	<p>调用子程序 0001，并循环调用执行 5 次</p> <p>程序复位</p>
子程序 0001	<pre> § N10 G01 X500.F1000; ; N11 G01 Y200.; N12 G01 X200 Z300 F600; ; M99</pre>	<p>子程序返回</p>

小结：

本章的主要介绍 M 代码的应用。重点是 M98,M99 的使用

10 主轴功能 S

10.1 主轴功能

功能介绍：

主轴功能 S 指令用于指定主轴的运转速度。

指令格式

Ss;
s 主轴转速

详细介绍：

- (1) 主轴功能仅指定主轴运转速度，主轴的启动需要使用 M3(M4)指令。

程序例：

```
G90 G54;
S3000 M3; (指定主轴转速 3000 转/分，正转启动)
G01 X200.F500;
S1000; (主轴转速调整为 1000 转/分)
Y100.F200;
M30
```

10.2 恒表面速度控制 G96,G97

功能介绍：

在车削加工时，随着回转体工件半径的变化，加工的线速度也会发生变化，这样就会造成因线速度不同而造成表面光洁度反差较大的情况。G96 便是用于控制恒定线速度的 G 代码。

指令格式：

```
G96 Ss Pp; (恒线速度控制开始)
...
G97            (恒线速度控制结束)

s            恒定的线速度 (m/min)
p            恒表面线速度控制的轴
```

详细说明：

- (1) 恒表面线速度默认控制轴由机床制造商设定，在 G96 指令中未指定恒线速度控制轴时，按该默认值运行，若指定时 P1、P2、P3 分别指定第一、第二、第三轴是恒线速度控制轴，该规格，请以机床制造商的说明书为准。

程序例：

```
G96 G01 X100.F200 S50 P1; (开始恒线速度控制，第一轴为恒线速度控制轴，
按 50m/min 的线速度进行)
G97;                    (恒线速度控制结束)
```

10.3 主轴钳制速度设定 G92

功能介绍：

G92 用于限制主轴的最高转速及最低转速。

指令格式：

G92 Ss Qq;

s G92 限制的最高转速

q G92 限制的最低转速

详细说明：

- (1) 对应主轴及主轴电机间的齿轮切换，可以变更主轴的转速，齿轮比和G92 Ss Qq; 设定的转速范围中，上限为较低者有效，下限为较高者有效。
- (2) 速度钳制是在G96模式有效还是所有的模式都有效，请以机床制造商的说明书为准。
- (3) G92 后续的地址 Q 的使用与恒表面速度模式无关，为主轴速度钳制指令
- (4) 通过模态复位（复位 2，复位&倒带）、清除主轴钳制转速的指令值（此规格请以机床制造商的说明书为准）。
- (5) 通过G92 Ss Qq 设定最高钳制速度及最低钳制速度后、即使执行「G92 S0」指令，也无法取消最高速度钳制。此时Qq的值继续有效、为 $S0 < Qq$ 、将Qq作为最高速度钳制速度、S0作为最低速度钳制速度进行使用。

程序例：

```
G92 S8000 Q1000; (钳制速度，最高8000转/分，最低1000转/分)
G1 X200.F500;
M30 (程序结束，钳制取消)
```

小结：

本章主要介绍S功能的使用，重点是恒线速度控制及速度钳制的使用。

11 刀具功能 T

功能介绍：

T 指令用于调用刀具。在 M 系里，T 指令主要用于将刀库旋转到换刀位置；在 L 系里，T 指令主要用于直接将刀具直接旋转到加工位置。

指令格式：

```
Tt;  
t          为刀具号
```

程序例：

```
G91 G28 Z0.;  
T3;          选择 3 号刀  
M6;  
M30;
```

注：车床系里，调用刀具命令为 Tmn，例：T0101,其中第一个 01 是刀具号，第二个 01 是补偿号。

小结：

本章主要介绍 T 功能的使用方法。

12 刀具补偿功能

12.1 刀具补偿的概念

功能介绍：

刀具补偿包含长度补偿和半径补偿。如下图 12-1：

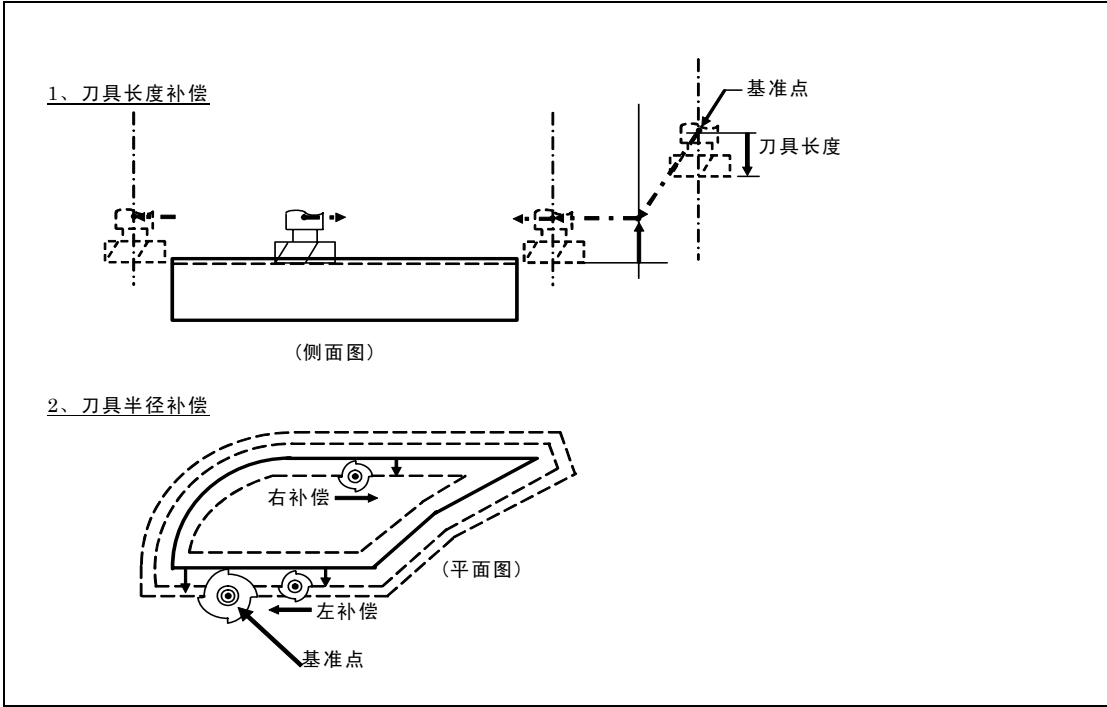


图 12-1 刀具补偿示意图

12.2 刀具长度补偿

功能介绍：

长度补偿，是指对长短不同的刀具进行的补偿，是刀具轴心方向的补偿。也可对加工过程中刀具的磨损量进行补偿，如下图 12-2（长度磨损补偿规格以机床制造商的说明书为准）。

指令格式

G1 G43(G44) Xx Yy Zz Ff Hh;	
...;	
G49;	
G43	为刀具长度补偿（正方向）
G44	为刀具长度补偿（负方向）
x y z	为移动坐标
f	为进给速度
H	为长度补偿指令
h	为补偿号
G49	为取消长度补偿指令

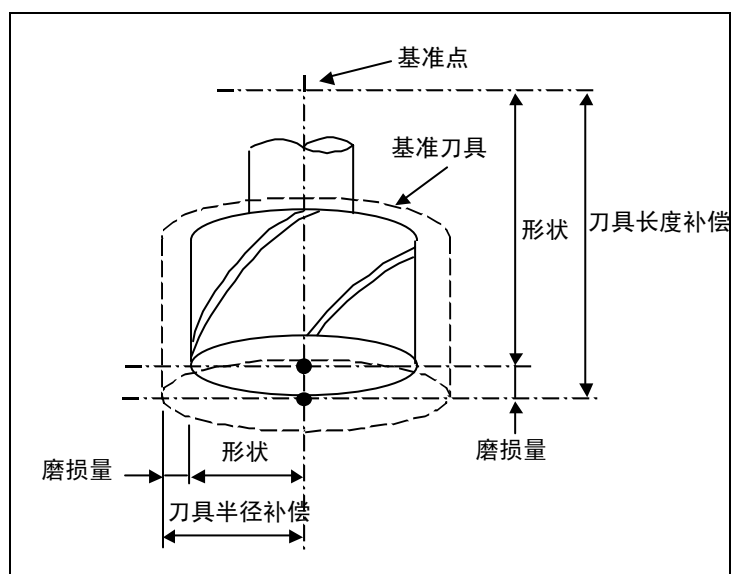


图 12-2 刀具磨损补偿示意图

详细说明：

(1) 刀具长度补偿的移动量在执行G43或是G44的刀具长度补偿开始指令，及G49的刀具长度补偿取消时指令，指令的移动量根据下表12-1的计算公式计算。

Z 轴移动量

G43 Zz Hh ₁	$z + (lh_1)$	仅向+方向补偿的刀具补偿量
G44 Zz Hh ₁	$z - (lh_1)$	仅向-方向补偿的刀具补偿量
G49 Zz	$z - (+)(lh_1)$	补偿量取消

表12-1 刀具补偿移动量计算表

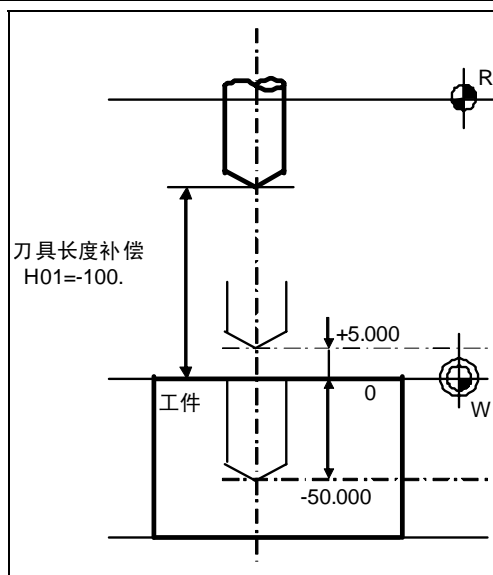
Lh₁; 补偿编号h₁的补偿量

补偿后，移动的具体位置与绝对值指令或增量值指令有关，以编程的移动指令终点坐标值+补偿指定的补偿量之后的坐标值，作为实际的终点。

接通电源时及执行M02之后，进入G49(刀具长度补偿取消)模式。

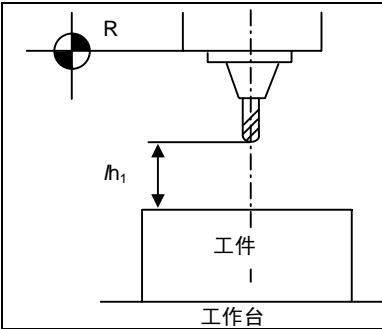
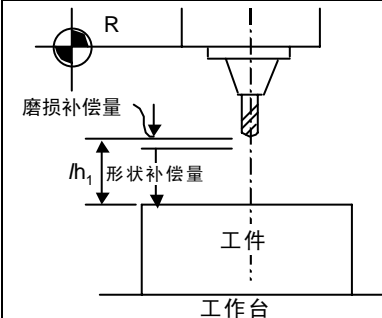
(例 1) 绝对值指令时 H01=-100000

N1 G28 Z0 T01 M06;
N2 G90 G92 Z0;
N3 G43 Z5000 H01;
N4 G01 Z-50000 F500;



(2) 补偿编号

(a) 补偿类型因补偿量而异。

<p>类型 1</p> <p>G43 Hh₁;</p> <p>进行如上的指令时,通过补偿编号 h₁ 指令的补偿量 $_{zh1}$ 不区分刀具长度补偿量、刀具半径补偿量、形状补偿量及磨损补偿量,而是全部作为通用的补偿量。</p>	 
---	--

(b) 补偿编号的有效范围, 取决于规格 (补偿组数)。

(c) 当指令的补偿编号超过规格范围时, 发生程序错误“P170”。

(d) 指定H0, 则刀具长度取消。

(e) 与 G43 或 G44 在同一单节中进行指令的补偿编号, 作为之后的模态而生效。

(例 3)

G43 Zz1 Hh1 ;通过h1进行刀具长度补偿。

⋮

G45 Xx1 Yy1 Hh6 ;

⋮

G49 Zz2 ;刀具长度补偿被取消。

⋮

G43 Zz2 ;再次通过h1进行刀具长度补偿。

⋮

(f) 当在 G43 的模态中, 再一次指令 G43 时, 仅按照补偿编号数据的差值, 进行补偿。

(例 4)

G43 Zz1 Hh1 ;进行 $z1+(1h1)$ 的移动。

⋮

G43 Zz2 Hh2 ;进行 $z2+(1h2-_{zh1})$ 的移动。

⋮

在G44模态中指令G44时, 也相同。

12.3 刀具半径补偿

功能介绍：

半径补偿，是指对半径大小不一样的刀具进行的补偿，是刀具径向的补偿，也可对加工中的刀具磨损量进行补偿（半径磨损补偿规格以机床制造商的说明书为准）。

指令格式：

G1 G41(G42) Xx Yy Zz Ff Dd;

...;

G40	
G41	为刀具半径补偿（左补偿）
G42	为刀具半径补偿（右补偿）
x y z	为移动坐标
f	为进给速度
D	为半径补偿指令
d	为补偿号
G40	为取消半径补偿指令

详细说明：

- 1、补偿组数因机种而异。（组数为刀具长度补偿、刀具位置偏置、刀具半径补偿的总组数）
- 2、在刀具半径补偿中，H 指令被忽略，仅 D 指令有效。另外，是在通过刀具半径补偿的平面选择 G 代码或轴地址 2 轴所指定的平面内进行补偿，对于不包含在平面中的轴以及不平行于指定平面的轴，不进行补偿。关于通过 G 代码进行平面选择，请参阅平面选择项。
- 3、在以下的任何一个条件下，刀具半径补偿进入补偿取消模式。
 - (a) 接通电源后。
 - (b) 按下设定显示装置的复位按钮后。
 - (c) 执行带复位功能的 M02,M30 后。
 - (d) 执行补偿取消指令(G40)之后。
- 4、在补偿取消状态下，当满足以下的所有条件时，开始刀具半径补偿。
 - (a) G41或G42指令后的移动指令。
 - (b) 刀具半径补偿的补偿编号为 $0 < D \leq \text{最大补偿编号}$ 。
 - (c) 为定位（G00）或直线插补（G01）移动指令。
- 5、补偿模式下预读为 5 个单节，因此，为保证补偿准确有效，请确保补偿后 5 个单节有移动指令。
- 6、补偿包含补偿类型 A 和类型 B，两者区别如下（具体规格以机床制造商的说明书为准）图 12-3、图 12-4，因此，在补偿内角时，需要注意避免刀具干涉：

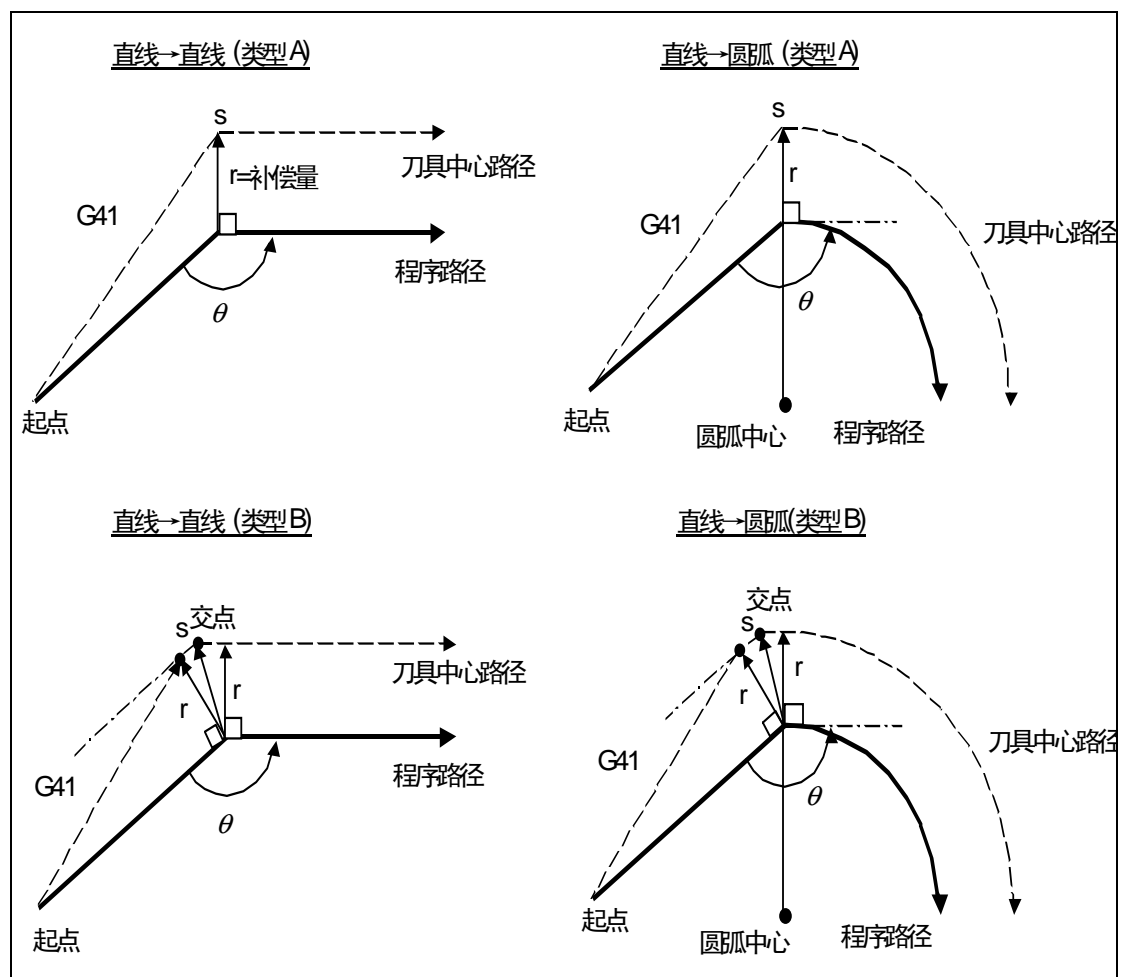


图 12-3

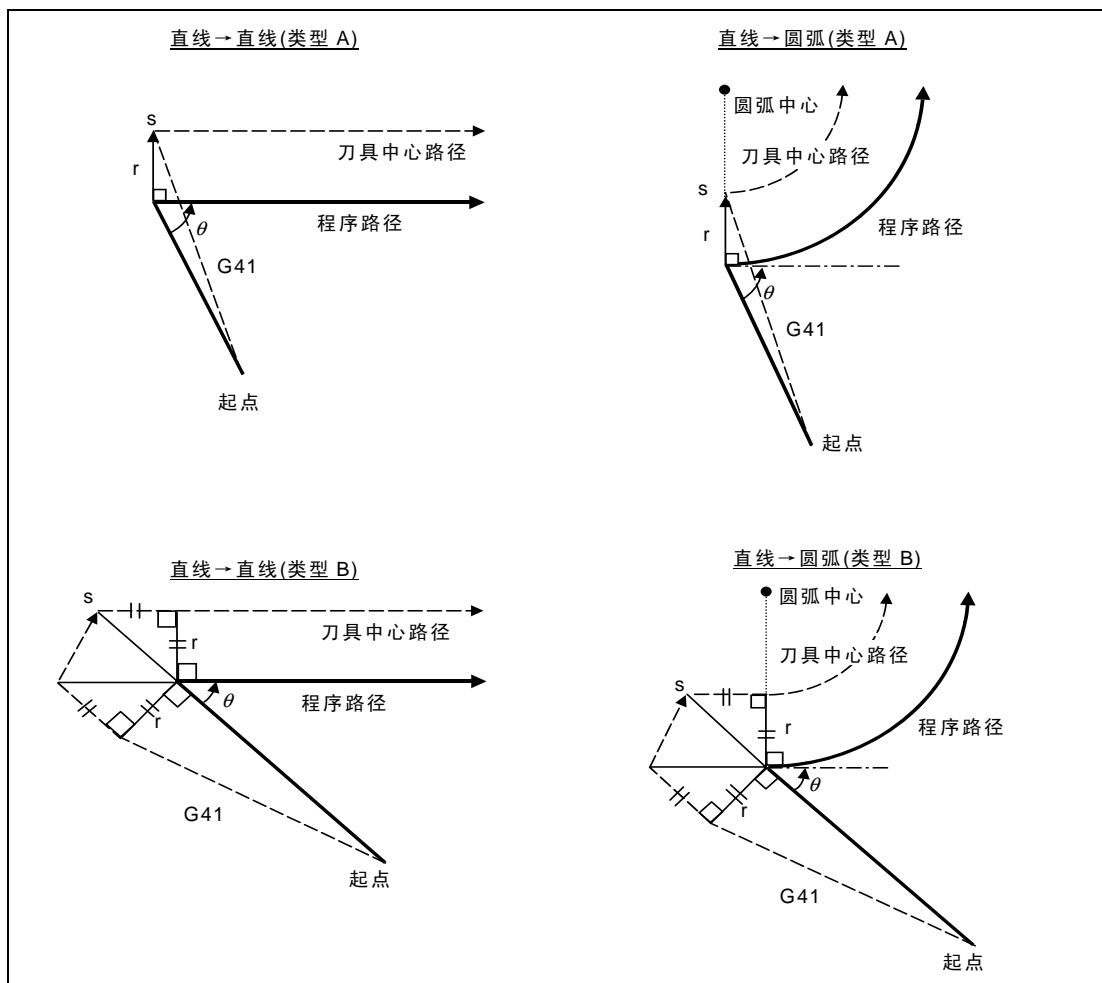


图 12-4

程序例，如图 12-5：

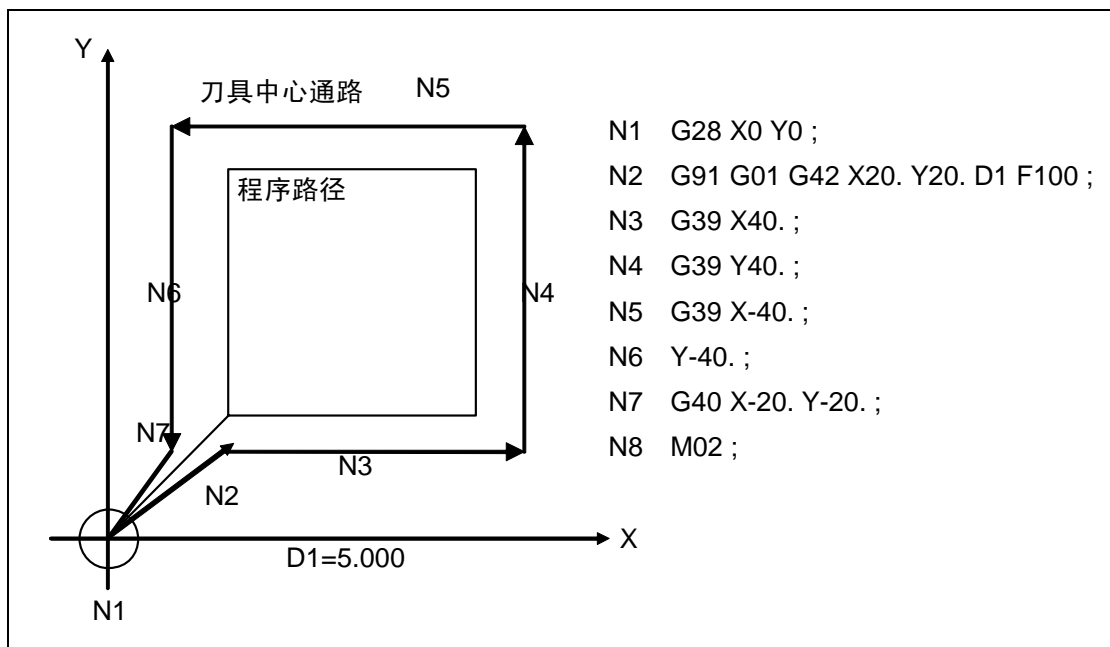


图12-5

12. 刀具补偿功能

小结：

本章主要介绍刀具半径补偿和长度补偿，要点是理解刀具补偿方向的判断及选择合理刀具补偿建立时机。

小测试：

1、下图 12-6 中，N1-N7 为刀具沿着工件外围铣削路径，内轮廓为程序路径，请判断半径补偿方式（ ）

A、G41 左补偿

B、G42 右补偿

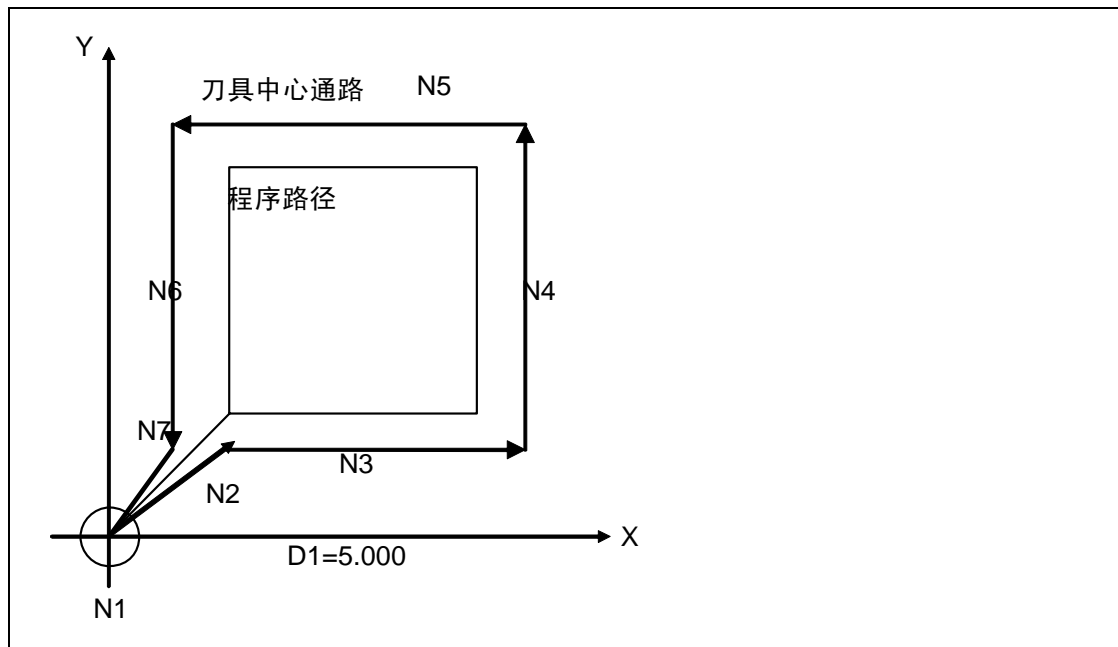


图 12-6

13.程序支援功能

13.1 固定循环

功能介绍：

本功能是通过单个单节的指令，按照预先决定的作业顺序，执行定位与钻孔、镗孔、攻丝等加工程序的功能，在加工顺序中，包括如下表所示的内容。另外，通过编辑标准固定循环子程序，可由用户自行变更固定循环顺序，或是由用户自行登录、编辑独有的固定循环程序。关于标准固定循环子程序，详情请参阅操作说明书附录的固定循环子程序一览表。表13-1为本控制装置的固定循环功能一览表。

G 代码	钻孔作业开始 (-Z 方向)	在孔底的动作		返回动作 (+Z 方向)	用 途
		延时	主轴		
G80	—	—	—	—	取消
G81	切削进给	—	—	快速进给	钻孔、 中心定位钻孔循环
G82	切削进给	有	—	快速进给	钻孔、 镗阶梯孔循环
G83	间歇进给	—	—	快速进给	深钻孔循环
G84	切削进给	有	反转	切削进给	攻丝循环
G85	切削进给	—	—	切削进给	镗孔循环
G86	切削进给	有	停止	快速进给	镗孔循环
G87	快速进给	—	正转	切削进给	背镗孔循环
G88	切削进给	有	停止	快速进给	镗孔循环
G89	切削进给	有	—	切削进给	镗孔循环
G73	间歇进给	有	—	快速进给	步进循环
G74	切削进给	有	正转	切削进给	反向攻丝循环
G75	切削进给	—	—	快速进给	圆切削循环
G76	切削进给	—	启动 主轴停止	快速进给	精镗孔循环

表13-1固定循环功能一览表

当接收到G80或01组的G指令(G00,G01,G02,G03) 时，固定循环模式被取消。同时，各数据也被清零。

指令格式：

G8△(G7△) Xx Yy Zz Rr Qq Pp Ff Ll Ss, Ss, li ,Jj;
G8△(G7△) 孔加工模式
x,y 孔位置数据
Z,R,Q,P,F 孔加工数据
L 重复次数
S 主轴转速
,S 从孔底返回时主轴转速
,R 同期切换
,I 定位轴就位宽度
,J 钻孔轴就位宽度

如上所述，被分类为孔加工模式、孔位置数据、孔加工数据、重复次数、主轴转速、同期切换（或返回时的主轴转速）、定位轴就位宽度、钻孔轴就位宽度。

详细说明：

- (1) 数据概要与对应地址
 - (a) 孔加工模式：钻孔、镗阶梯孔、攻丝、镗孔等的固定循环模式。
 - (b) 孔位置数据：定位X、Y轴时的数据。(非模态)
 - (c) 孔加工数据：是加工时的实际加工数据。(模态)
 - (d) 重复次数：进行孔加工的次数。(非模态)
 - (e) 同期切换：在G84/G74攻丝加工中、同期/非同期攻丝的选择指令。(模态)
- (2) 当与固定循环在同一单节内，或是为固定循环模式时，如果指定M00、M01，则忽略固定循环，在定位后输出M00、M01。当指令了X、Y、Z、R中的任何一个时，执行固定循环。
- (3) 实际的动作可分类为以下7个，如下图13-1。

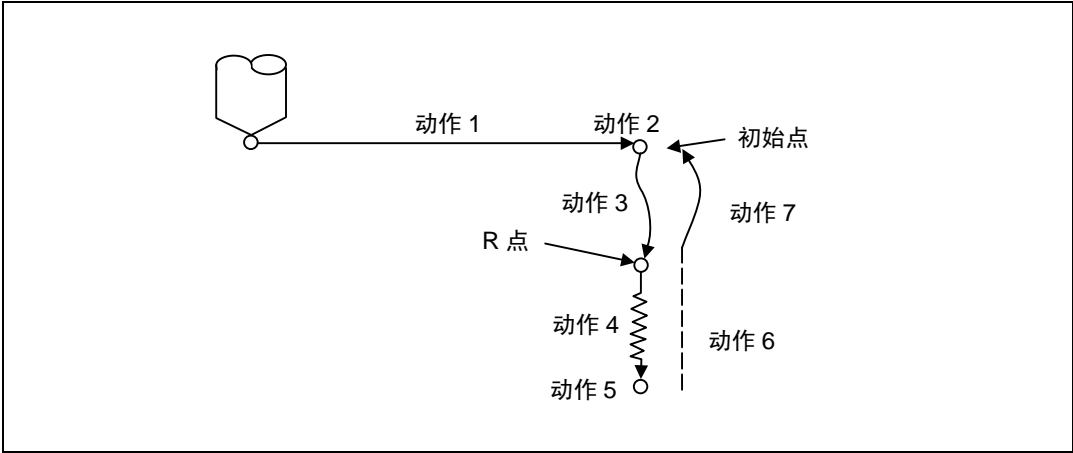


图13-1固定循环动作图

- 动作1 显示X、Y轴的定位，通过G00定位。
- 动作2 定位完成后（初始点）动作中，指令了G87指令时，从控制装置向机械端输出M19指令。执行该M指令，控制装置接收到完成信号（FIN）后，开始下一动作。另外，当单节停止开关打开时，在定位完成后节停止。
- 动作3 以快速进给定位到R点。
- 动作4 通过切削进给进行孔加工。

动作5 是在孔位置进行的动作，因固定循环的模式而异，有主轴停止（M05）、主轴反转（M04）、主轴正转（M03）、延时、刀具移位等。

动作6 退刀到R点，根据固定循环的模式不同，可能会采用切削进给或快速进给。

动作7 以快速进给返回到初始点。

但是，可通过以下的 G 指令，切换固定循环的完成是动作 6 还是动作 7。

G98·····初始返回

G99·····R点基准返回

这些指令为模态，例如指定了一次G98之后，则下一次指定G99之前，一直是G98模式。NC运转准备完成时的初始状态下，为G98模式。

另外，当没有X、Y、Z、R指令中的任何一个时，忽略孔加工数据。

本功能主要与特殊固定循环组合使用。

(4) 固定循环的地址与意义参考下表13-2

地址	地址的意义
G	固定循环顺序的选择 (G80~G89,G73,G74,G76)
X	钻孔点位置(绝对值或是增量值)的指定
Y	钻孔点位置(绝对值或是增量值)的指定
Z	孔底位置(绝对值或是增量值)的指定
P	孔底位置延时时间的指定(忽略小数点以下)、 在 G75 的刀具半径补偿编号
Q	在 G73,G83 中指定每次的切入量、 在 G76, G87 中指定移位量(增量值)、 在 G75 的外周圆的半径
R	R 点位置(绝对值或是增量值)的指定
F	通过切削进给指定进给速度(非同期攻丝)或是、Z 轴螺距数(同期攻丝)
L	固定循环重复次数的指定 0~9999 「0」设定不执行。
I,J,K	在 G76,G87 中移位量的指定(增量值) (在参数的设定中，以 Q 地址指定移位量。)
S	主轴转速指令 (注 1)同期攻丝时忽略“Sn=*****”型的 S 指令。(n:主轴编号、*****:转速) (注 2)同期攻丝模态中指定 S 指令时、发生程序错误(P186)。
,S	返回时的主轴转速
,R	同期式/非同期式攻丝循环的选择 (省略时服从参数设定。)
M	M 功能指定 (注)正攻丝的非同期攻丝时、通过 Mm1 指令基本的主轴正转、 主轴反转时一定要「主轴正转+1」，否则进行错误的动作。
,I	定位轴就位宽度
,J	钻孔轴就位宽度

表 13-2 固定循环地址意义表

(5) 绝对值指令与增量值指令的区别，见下图13-2。

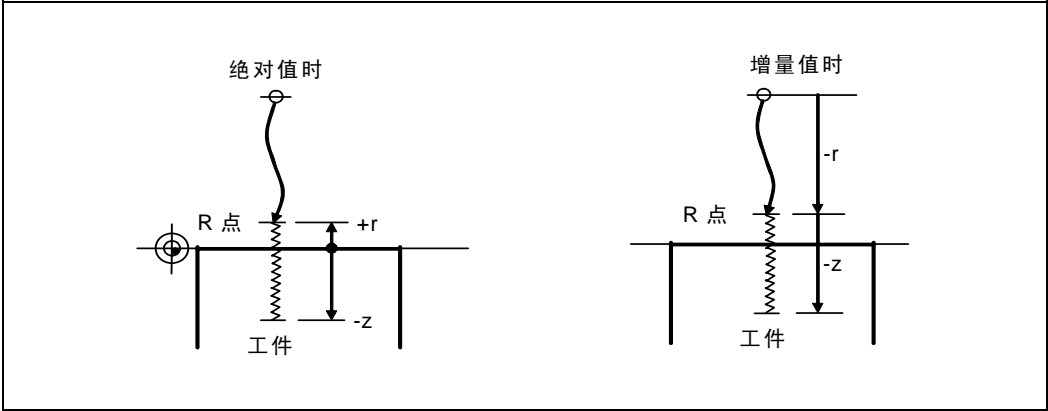


图 13-2 绝对值指令与增量值指令区别图

(6) 攻丝循环/攻丝返回的进给速度

在攻丝循环、攻丝返回中，进给速度如下所示。

(a) 同期式攻丝循环/非同期式攻丝循环的选择，见下表13-3。

程序 G84..., Rxx	控制参数 同期式攻丝	同期式/非同期式	—与设定无关
,R00	—	非同期式	
,Rxx	关闭		
无指定	打开	同期式	
,R01	—		

表13-3攻丝循环/非同期式攻丝循环的选择表

(b) 非同期式攻丝循环进给速度选择，见下表13-4。

G94/G 95	控制参数 F1 桁有效	F 指令值	速度指定	—与设定无关
G94	关闭	F 指定	每分钟进给	
	打开	F0~F8 以外		
			F0~F8(无小数点)	
G95	—	F 指定	每转进给	

表13-4非同期式攻丝循环进给速度选择表

(c) 同期攻丝循环返回时的主轴转速，见下表13-5。

地址	地址的意义	指令范围（单位）	备注
,S	返回时的主轴转速	0~ 99999(r/min)	作为模态信息被保持。 当设置为比主轴转速更小的值时，即使在返回时，主轴转速值也生效。 当返回时的主轴转速不为 0 时，攻丝返回倍率值无效。

表13-5同期攻丝循环返回时主轴转速表

(7) 非同期攻丝循环的主轴正转/反转指令的M代码

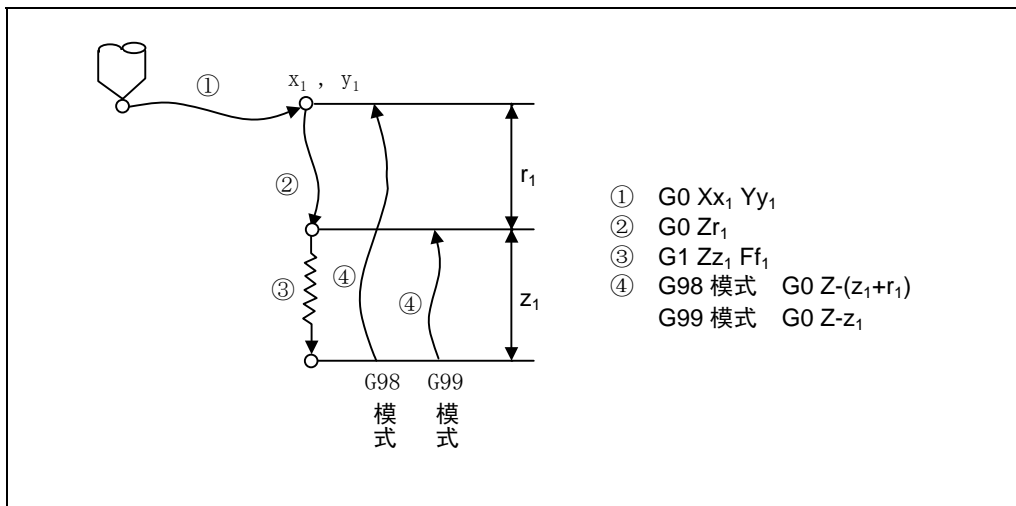
非同期攻丝循环时，「孔底」「R点」中输出的主轴正转/反转指令的M代码在参数「#3028 sprcmm」中设定的M代码被输出。

只是、参数「#3028 sprcmm」设定为「0」时、主轴正转指令的M代码作为M3、主轴反转指令的M代码作为M4被输出。

各指令详细说明：

13.1.1 G81 钻孔、中心定位钻孔循环（M系）

G81 Xx₁ Yy₁ Zz₁ Rr₁ Ff₁ ,Ii₁,Jj₁;



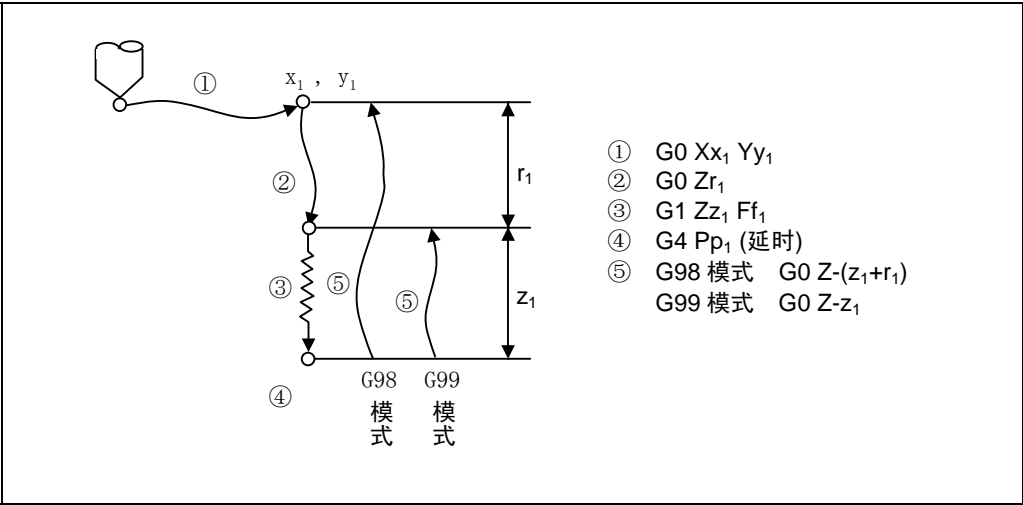
单节运转时的停止位置，为①②④指令完成时。

动作	i1	j1
(1)	有效	-
(2)	-	无效
(3)	-	无效
(4)	-	有效

13.1.2 G82 钻孔、镗阶梯孔（M系）

G82 Xx₁ Yy₁ Zz₁ Rr₁ Ff₁ Pp₁ ,Ii₁,Jj₁;

P: 延时指定

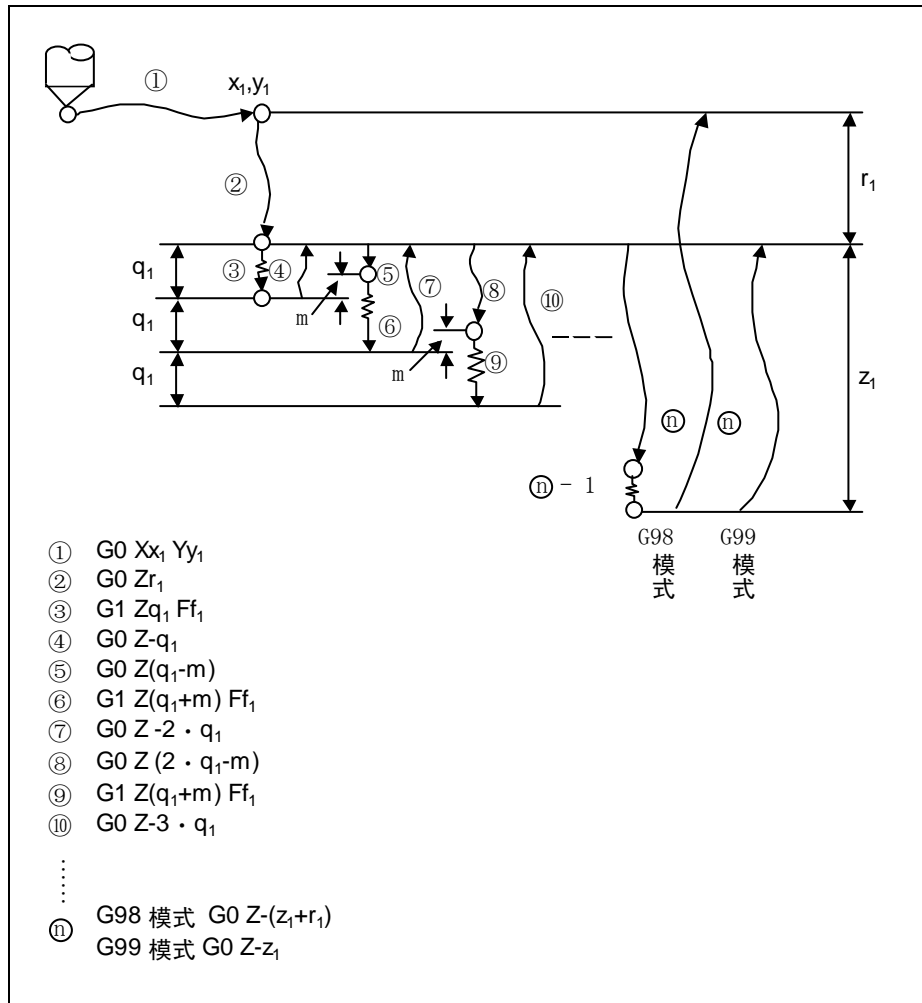


单节运转时的停止位置为①②⑤指令完成时。

动作	i1	j1
(1)	有效	-
(2)	-	无效
(3)	-	无效
(4)	-	-
(5)	-	有效

13.1.3 G83 深钻孔循环（M系）

$G83\ Xx_1\ Yy_1\ Zz_1\ Rr_1\ Qq_1\ Ff_1, Ii_1, Jj_1;$



在G83中，进行第2次之后的切入时，在距加工位置还有 m mm的位置上，从快速进给切换到切削进给。到达孔底，则按照G98或G99模式返回。 m 取决于参数#8013 G83返回。编程时，请注意确保 $q_1 > m$ 。单节运转时的停止位置，为①②n指令完成时。

动作	,I	,J
(1)	有效	-
(2)	-	无效
(3)	-	无效
(4)	-	无效
(5)	-	无效
(6)	-	无效
(7)	-	无效
(8)	-	无效
(9)	-	无效
(10)	-	无效

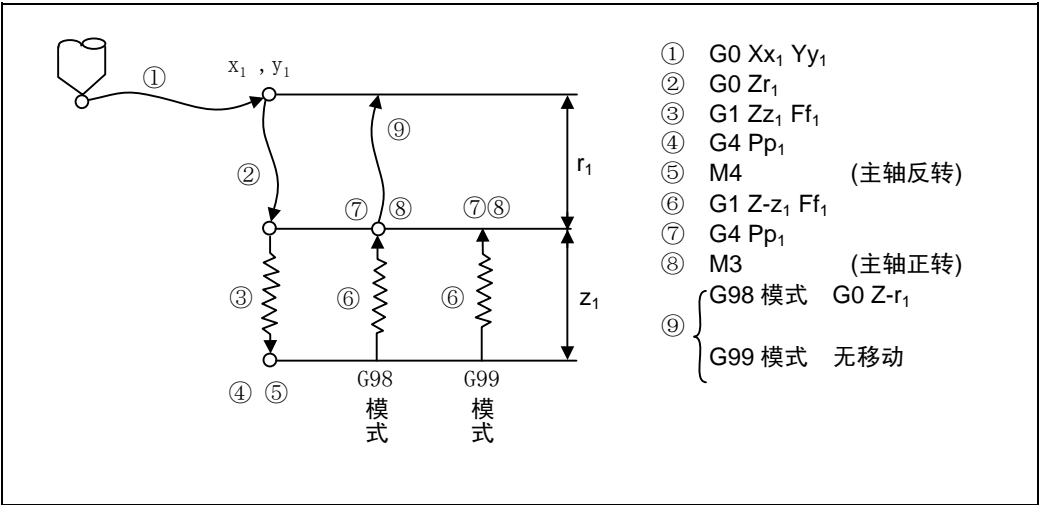
:

(n)-1	-	无效
(n)	-	有效

13.1.4 G84 攻丝循环、啄式攻丝循环（M系）

G84 Xx₁ Yy₁ Zz₁ Rr₁ Qq₁ Ff₁ Pp₁,Rr₂(或是S₁,S₂), Ii₁,Jj₁;

攻丝循环:



r₂=1时为同期攻丝模式，r₂=0时为非同期攻丝模式。

在执行G84时，进入倍率取消状态，倍率自动变为100%。

当控制参数“G00空运转”打开时，空运转变为对定位指令有效。另外，如果在执行G84时按回馈等待按钮，则顺序③～⑥时，不是立即停止，而是在完成⑥之后再停止。进行顺序①、②、⑨的快速进给时，立即停止。

单节运转时的停止位置，为①②⑨指令完成时。

G84模态中，输出“攻丝中”的NC输出信号。

在G84同期攻丝模态中，无法输出M3、M4、M5与S代码。

动作	i1	j1
(1)	有效	-
(2)	-	无效
(3)	-	无效
(4)	-	-
(5)	-	-
(6)	-	无效
(7)	-	-
(8)	-	-
(9)	-	有效

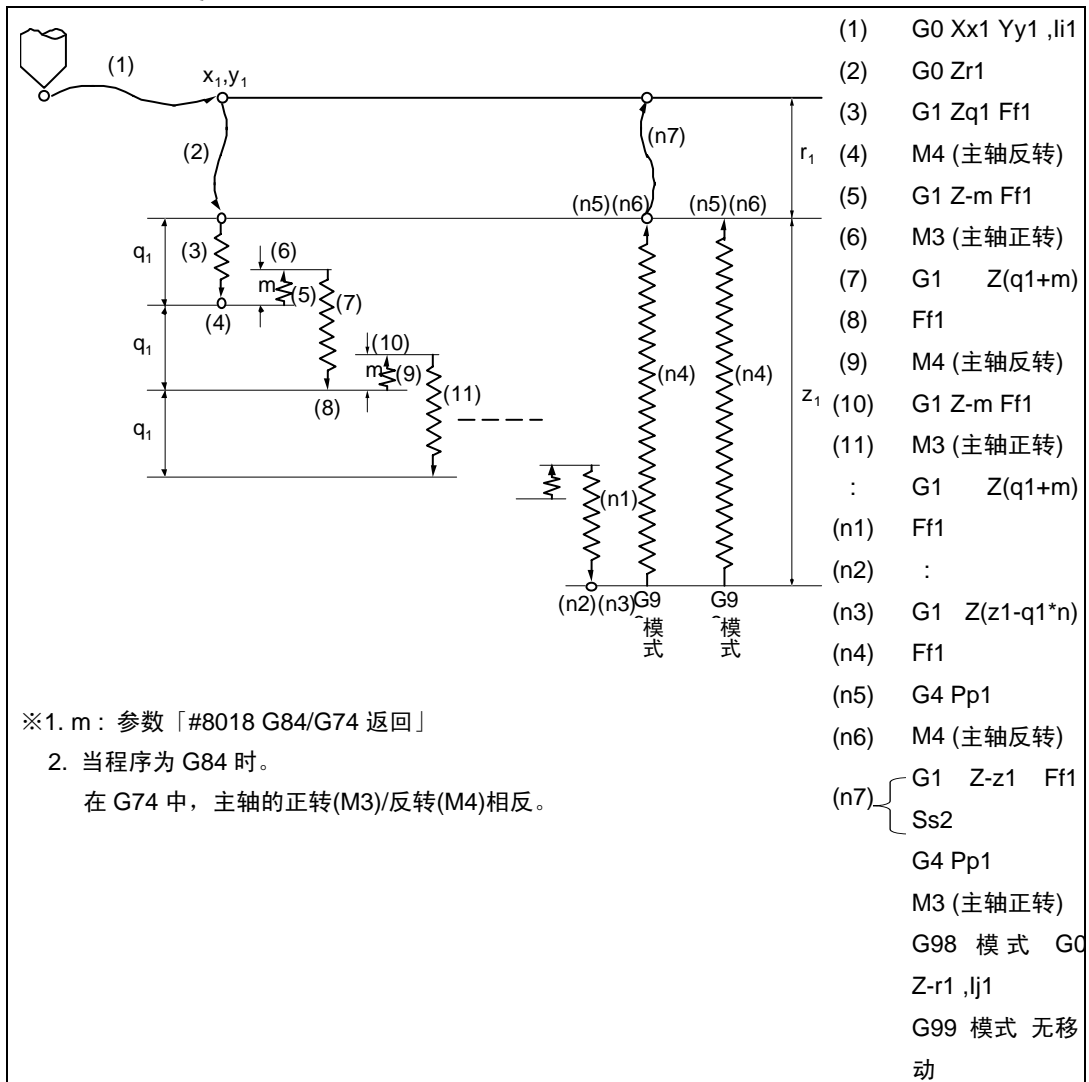
啄式攻丝循环：

是否具有啄式攻丝循环功能，请以机床制造商说明书为准。

另外，在以下场合，即便机床具有啄式攻丝功能，也被做为通常的攻丝循环。

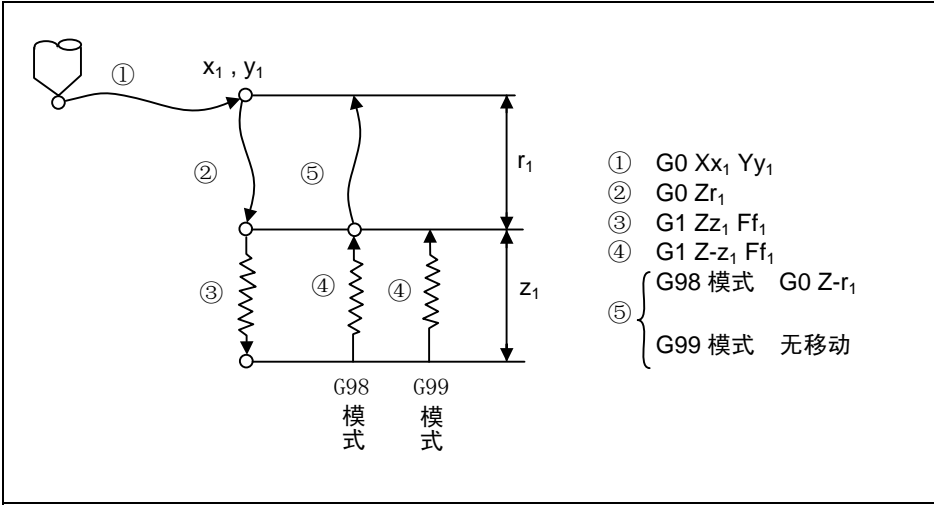
1、未指定Q时。

2、Q的指定值为“0”时。



13.1.5 G85 镗孔（M系）

G85 $Xx_1 Yy_1 Zz_1 Rr_1 Ff_1, Ii_1, Jj_1$;

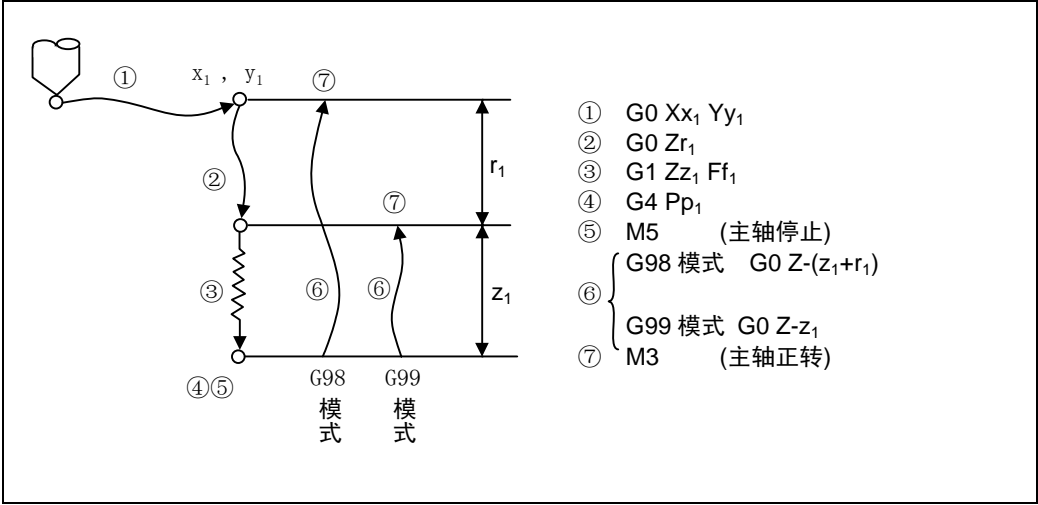


单节运转时的停止位置，为①②④或⑤的指令完成时。

动作	i1	j1
(1)	有效	-
(2)	-	无效
(3)	-	无效
(4)	-	无效
(5)	-	无效

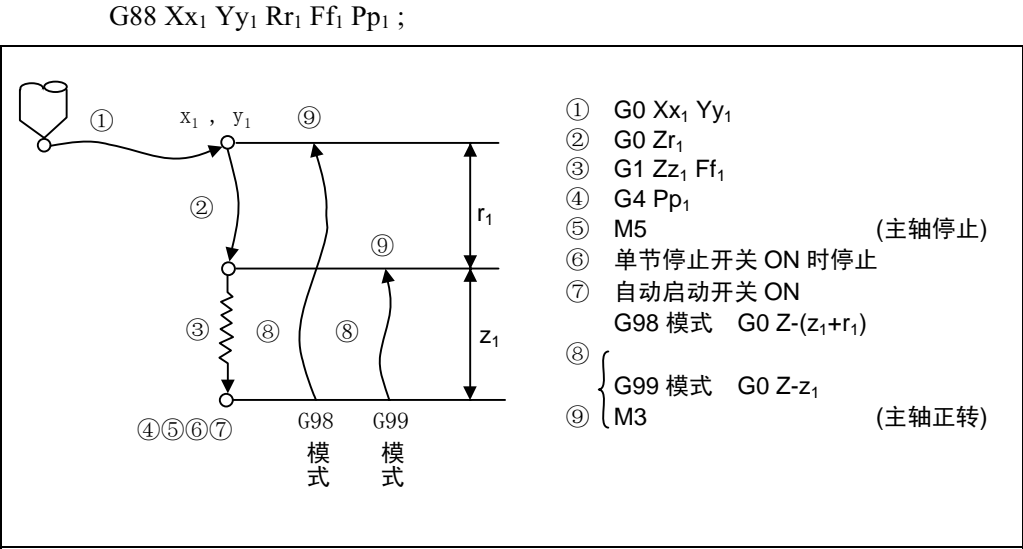
13.1.6 G86 镗孔（M系）

G86 $Xx_1 Yy_1 Zz_1 Rr_1 Ff_1 Pp_1$;



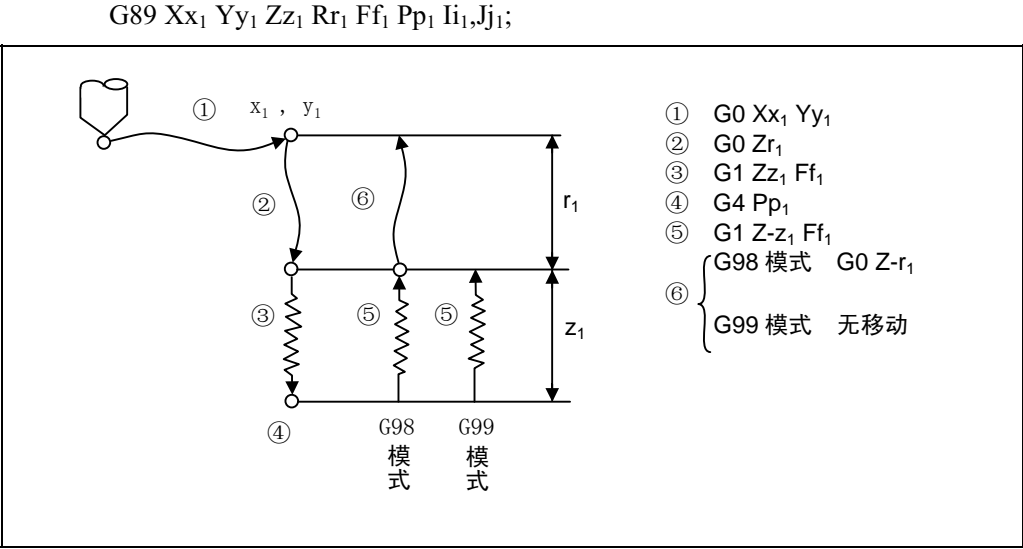
单节运转时的停止位置，为①②⑦指令完成时。

13.1.8 G88 镗孔 (M系)



单节运转时的停止位置，为①②⑥⑨指令完成时。

13.1.9 G89 镗孔 (M系)

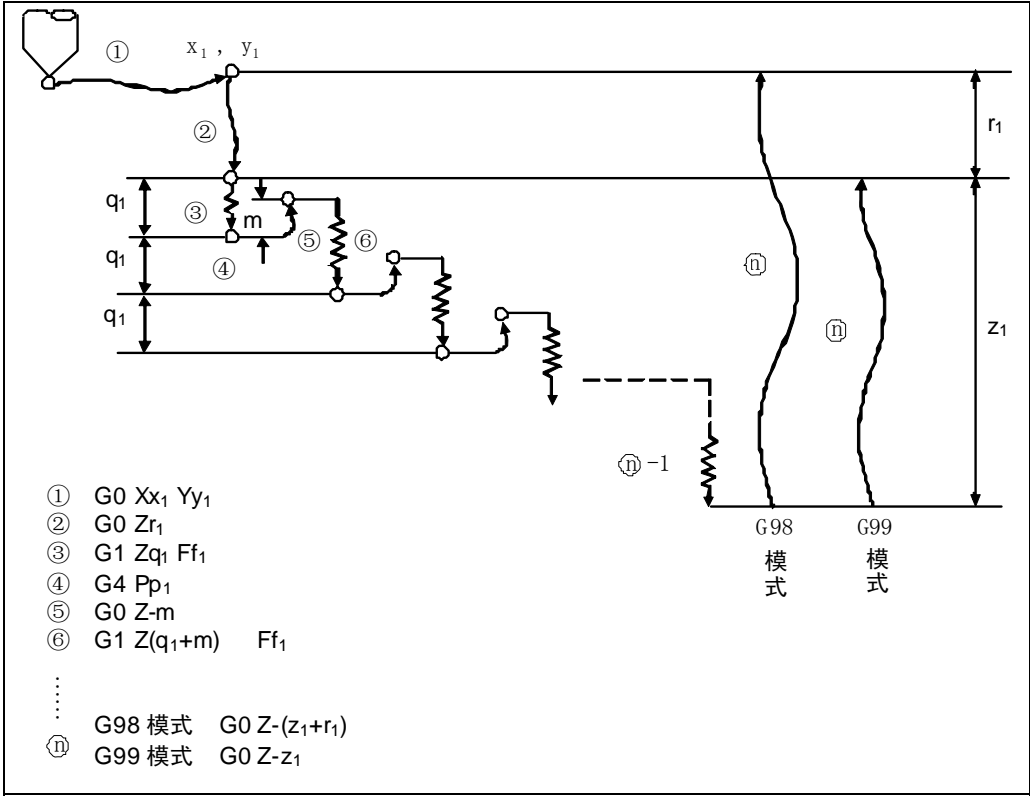


单节运转时的停止位置，为①②⑤或⑥的指令完成时。

动作	i1	j1
(1)	有效	-
(2)	-	无效
(3)	-	无效
(4)	-	-
(5)	-	无效
(6)	-	有效

13.1.10 G73 步进循环 (M系)

G73 $Xx_1 Yy_1 Zz_1 Qq_1 Rr_1 Ff_1 Pp_1, Ii_1, Jj_1$;



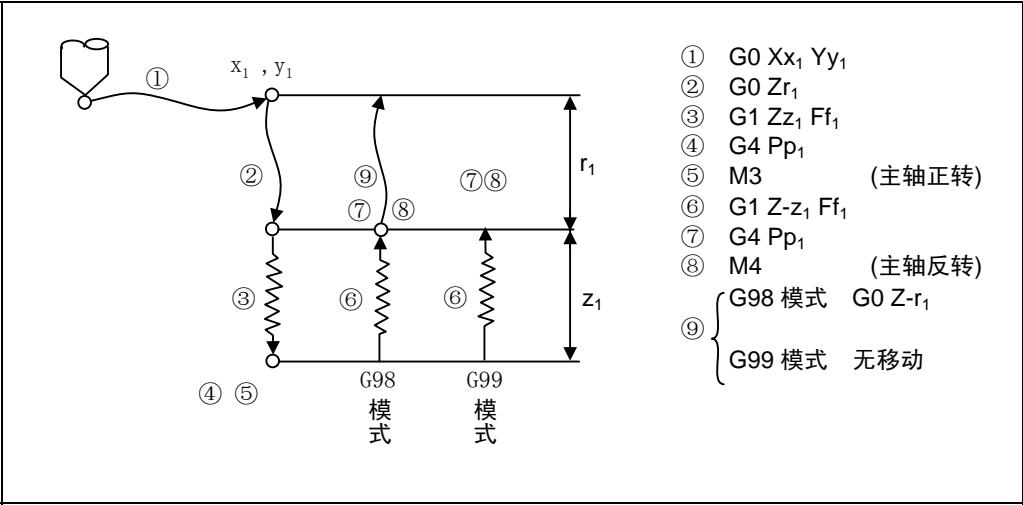
在G73中，在进行第2次之后的切入时，以快速进给返回 m ，然后切换到切削进给。返回量 m 取决于参数#8012 G73返回。

单节运转时的停止位置，为①②n指令完成时。

动作	,I	,J
(1)	有效	-
(2)	-	无效
(3)	-	无效
(4)	-	-
(5)	-	无效
(6)	-	无效
⋮		
⋮		
(n)-1	-	无效
(n)	-	有效

13.1.11 G74 反向攻牙循环 (M系)

G74 $X_{x_1} Y_{y_1} Z_{z_1} R_{r_1} P_{p_1} R_{r_2}$ (或是 S_1, S_2), I_{i_1}, J_{j_1} ;

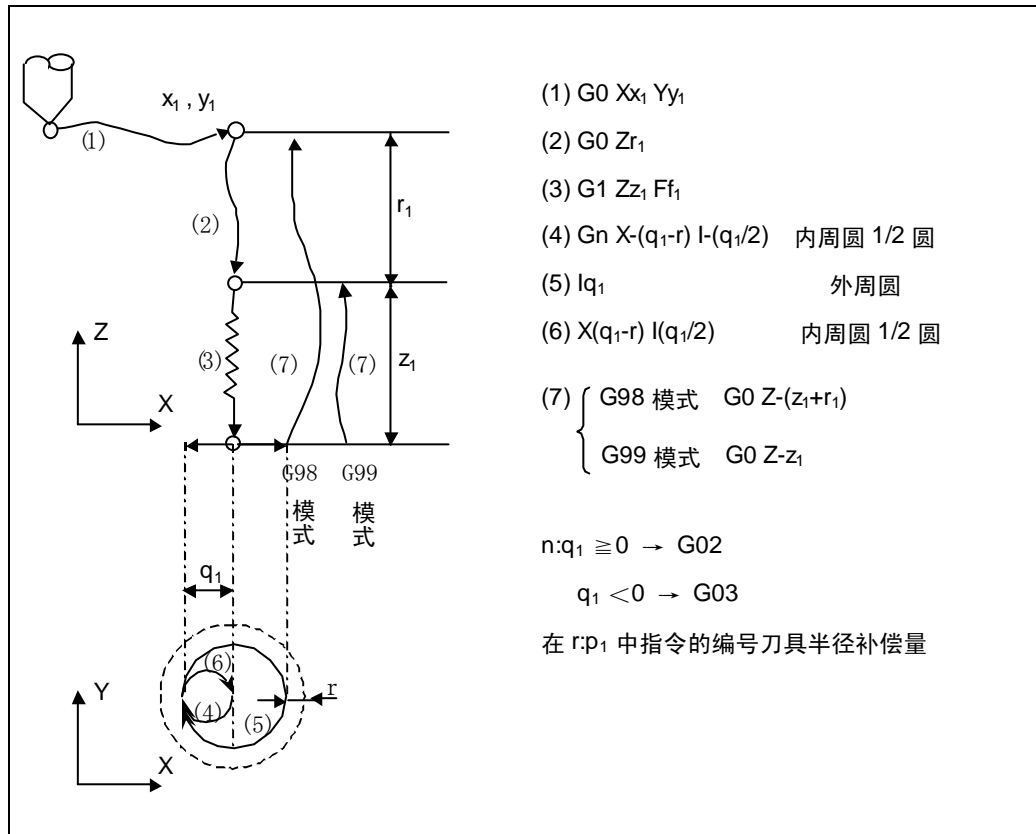


$r_2=1$ 时为同期攻牙模式， $r_2=0$ 时为非同期攻牙模式。
在执行G74时，进入倍率取消状态，倍率自动变为100%。当控制参数#1085 G00Drm为“1”时，空运转变为对定位指令有效。另外，如果在执行G74时按回馈等待按钮，则顺序③~⑥时，不是立即停止，而是在完成⑥之后再停止。进行顺序①、②、⑨的快速进给时，立即停止。
单节运转时的停止位置，为①、②、⑨指令完成时。
G74及G84模态中，输出“攻牙中”的信号。
在G74同期攻牙模态中，无法进行M3、M4、M5与S代码的输出。

动作曲线	i1	j1
(1)	有效	-
(2)	-	无效
(3)	-	无效
(4)	-	-
(5)	-	-
(6)	-	无效
(7)	-	-
(8)	-	-
(9)	-	有效

13.1.12 G75 圆切削 (M系)

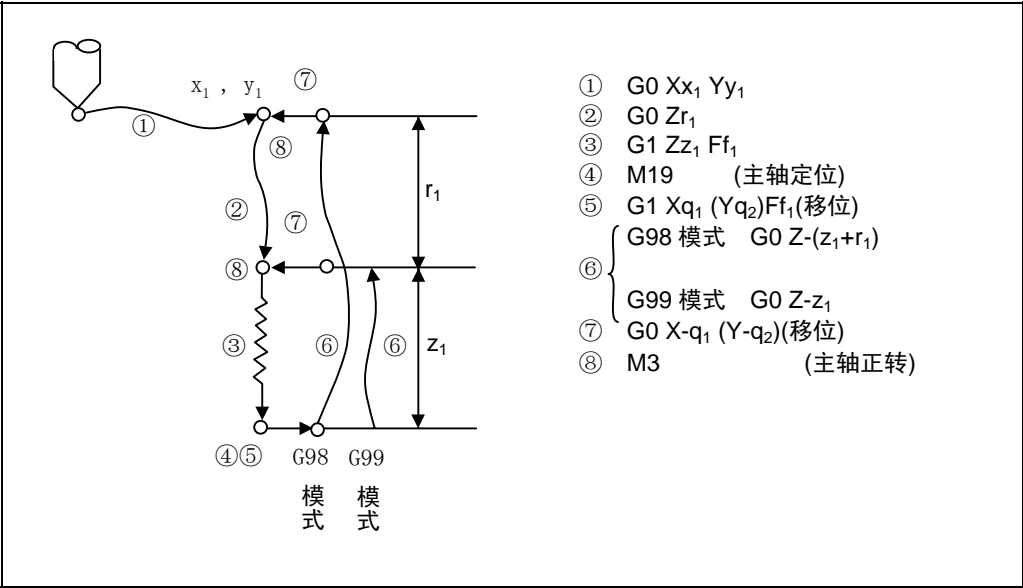
G75 Xx1 Yy1 Zz1 Rr1 Qq1 Pp1 Ff1 ;



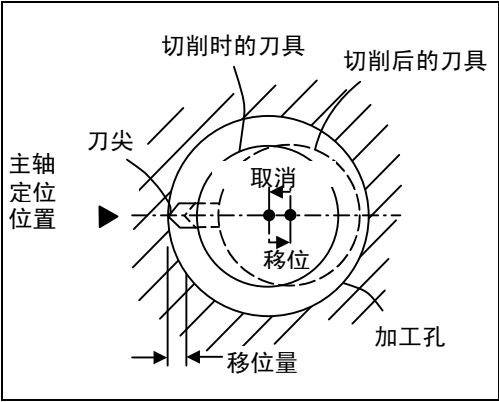
单节运转时的停止位置，为(1)、(2)、(6)指令完成时。

13.1.13 G76 精镗孔（M系）

G76 Xx₁ Yy₁ Zz₁ Rr₁ Iq₁ Jq₂ Ff₁;



单节运转时的停止位置，为①、②、⑦指令完成时。
通过使用本指令，能够在不损伤加工面的情况下，进行高精度的钻孔加工。
（切削后的退刀（返回），是在向刀头的反方向进行移位后的状态下执行）



移位量是通过地址 I、J、K，按照如下的方式指定。

G17 时:I,J
G18 时:K,I
G19 时:J,K

移位量是通过直线插补进行，进给速度取决于 F 指令。

请在孔位置数据的同一节中，以增量值指令 I、J、K。
另外，在固定循环中，I、J、K 是作为模态加以使用。
（注）当设定了将钻孔轴固定为 Z 轴的参数（#1080 Dril_Z）时，可不使用 I、J，而使用地址 Q 指定移位量。此时，预先通过参数 #8207 G76/87 无移位及 #8208 G76/87 移位（-），设定是否进行移位，以及移位的方向。Q 的值忽略符号，作为正值使用。另外，Q 的值在固定循环中为模态，也被用作为 G83、G87、G73 的切入量，所以请加以注意。

13.1.14 固定循环使用注意事项

(1) 指令固定循环时, 必须预先通过辅助功能 (M3; 或M4;) 将主轴旋转到规定的方向上。

但是, G87 (背镗孔) 指令时, 由于固定循环中包含主轴旋转指令, 所以请仅预先指令转速指令。

(2) 在固定循环模式中, 如果在该节中有基本轴、辅助轴或R的数据, 则进行钻孔动作, 如果没有数据, 则不进行钻孔动作。

但是, 即使有X轴数据, 如果是延时 (G04) 时间指令, 则不进行钻孔动作。

(3) 请在进行钻孔动作的节 (含基本轴、辅助轴或R数据的节) 中指令孔加工数据 (Q、P、I、J、K)。

(4) 除G80外, 固定虚拟也会被G00~G03、G33指令取消。与固定循环在同一节内指定, 则变为如下。

(以m代表00~03、33, 以n代表固定循环的代码, 则)

Gm Gn X_Y_Z_R_Q_P_L_F;

执行 忽略 执行 忽略 记忆

Gn Gm X_Y_Z_R_Q_P_L_F;

忽略 执行 忽略 记忆

但是, 当进行G02、G03指令时, R作为圆弧半径使用。

(5) 如果与固定循环指令在同一节内指令了辅助功能, 则在最初进行定位动作时, 输出M代码及MF。或根据FIN (完成信号) 进入下一动作。

当有次数指定时, 仅在首次进行上述控制。

(6) 如果与固定循环控制轴在同一节内指令了其他控制轴 (例如旋转轴、辅助轴), 则首先移动其他控制轴, 然后执行固定循环。

(7) 当没有指定重复次数L时, 看作为L1。如果与固定循环G代码指令在同一节内指令了L0, 则对孔加工数据进行记忆, 但是不进行孔加工。

(例) G73 X_Y_Z_R_Q_P_F_L0;

执行 仅记忆有地址的代码

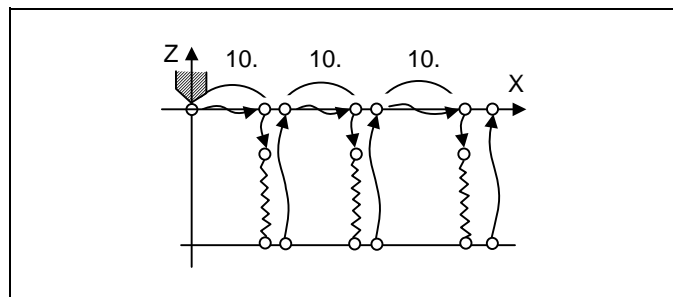
(8) 当执行了固定循环时, 固定循环程序中指令的模态指令, 仅在固定循环子程序内有效, 对于调用固定循环的程序模态没有影响。

(9) 无法在固定循环子程序中调用其他的子程序。

(10) 固定循环子程序的移动指令忽略小数点。

(11) 在增量值模式中, 当重复次数L大于2时, 定位也变为每次增量。

(例) G91 G81 X10. Z-50. R-20. F100. L3;



(12) 返回时的主轴转速值比主轴转速值小时, 主轴转速值在返回时也生效。

(13) 根据设定了参数的主轴的转速、时间常数, 当第2级及第3级的加减速斜率

比各自前一级的斜率更大时，前一级的斜率有效。

(14) 当主轴基本规格参数的攻牙转速及同期攻牙切换主轴转速2的设定值超过最高转速时，主轴的转速被以最高转速进行钳位。

(15) 当返回时的主轴转速不为0时，攻牙返回倍率值无效。

(16) 如下例所示，在某根轴的移动方向反转的节中，由于伺服系统的负载会变的非常大，所以请不要在加工程序中指令就位宽度。

G0 X100.,I10.0;

X-200.;

(17) 如果增大就位宽度编程指令的就位宽度，则虽然能够缩短定位时间及直线插补时间，但是在下一节开始时，上一节的位置误差量也会增大，在实际加工中，可能会导致故障。

(18) 由于每隔一定时间就进行就位宽度与位置误差量的比较，所以就位时的位置误差量小于就位宽度的设定值。

(19) 当就位宽度编程指令的就位宽度较小时，通过指令减速检查或参数进行的就位检查可能会先生效。

(20) 可在M功能中选择同期·非同期攻牙。

基本规格参数

#	项目		内容	设定范围
1272 (PR)	ext08	bit1	M 功能同期 攻牙循环有效	0: 无效 1: 有效

本参数关闭时，不进行M功能下的同期攻牙选择。

基本规格参数

#	项目	内容	设定范围
1513	stapM	同期攻牙选择用 M 代码	0~99999999

通过本参数设定值的辅助功能代码，选择同期攻牙模式。

M功能可在攻牙指令之前，在同一节中进行指令。

同步・非同期攻牙的选择，取决于下表的组合。

	组合											
程序指令,(R0/1)	0	0	0	0	1	1	1	1	无指令			
#1229(bit4) (同期攻牙有效)	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1
M 功能代码(M**)	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○
同期・非同期选择	非	非	非	非	同	同	同	同	非	同	同	同

×：无指令 非：非同期攻牙 ○：指令 同：同期攻牙

(注1) 请不要使用M00,01,02,30,98,99。

(注2) 根据机种不同，无法根据M功能进行选择。

(21)「#1151 复位初始」参数关闭时、固定循环中按下NC复位1，则固定循环被取消。

13.1.15 初始点 R 点返回 G98,G99

功能介绍:

用于指定固定循环里的最后一个动作是返回下刀点还是 R 点

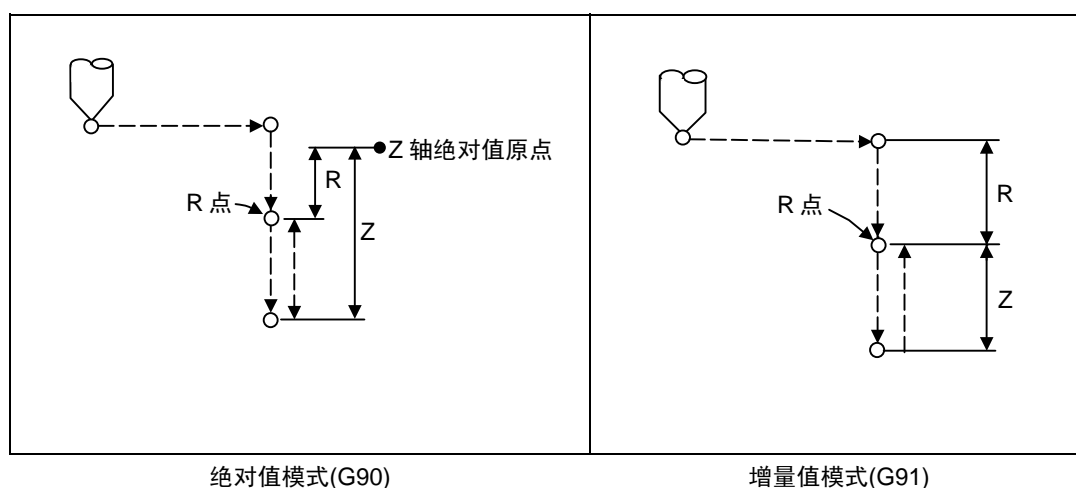
指令格式

G98; (返回下刀点)

G99; (返回 R 点)

详细说明:

根据绝对值模式(G90)与增量值模式(G91)，数据的考虑方法发生如下图所示的变化。

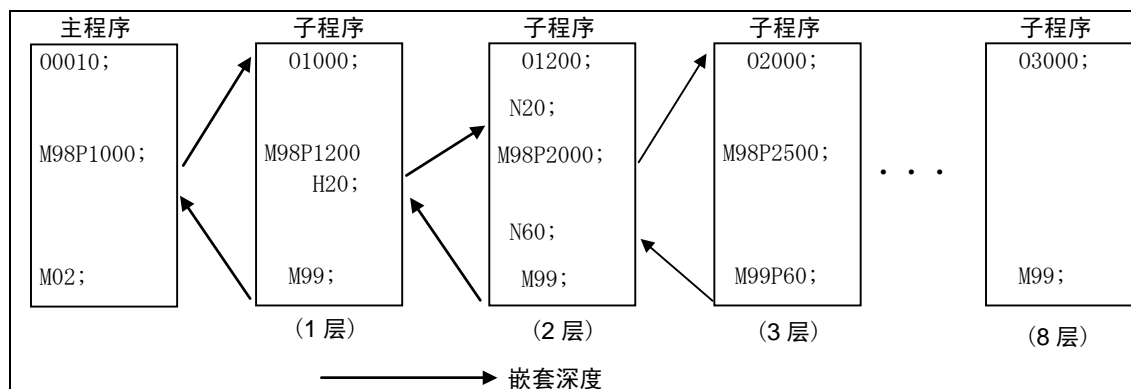


X、Y、Z 请指定带符号的指令值。在绝对值模式时，R 表示从原点开始的坐标值，所以需要符号，在增量值模式下，符号被忽略，看做与 Z 的符号相同。但是，指令 G87 时，看作符号相反。

13.2 子程序控制 M98,M99,M198

功能介绍:

对于某个经常需要调用的程序，可预先作为子程序记忆在内存中，在需要时，从主程序中呼叫，加以使用。子程序的呼叫是通过 M98 指令进行的，从子程序返回主程序则是通过 M99 指令进行。也可以在子程序中进一步呼叫其他的子程序，其深度最多可达到 8 层嵌套。



指令格式:

M98(M198)Pp1; 调用子程序
...
...
M99; 子程序返回

p1 为子程序号。

详细说明:

子程序调用

M98 Pp1 Hh1 Ll1 ,Dd1;	
或是 M98 <文件名> Hh1 Ll1 ,Dd1;	
M98	: 呼叫子程序指令
P	: 呼叫子程序内的程序编号(如省略则为本程序) 但是, 仅当记忆运转与 MDI 运转时, 可省略 P。 (最大 8 位的数值)
<文件名>	: 文件名称 代替程序编号、可指定文件名称。 这时、<>内包括文件名称。 (文件名包含扩展最多为 32 个字符。) (例) M98 <BUHIN-12.RAF> ;
H	: 呼叫子程序内的顺序编号(如省略则为起始单节) (最大 5 位数值)
L	: 子程序的重复次数 (如果省略则看作为 L1, 在 L0 时不执行。) (通过 4 位数值, 1~9999 次) 例如、 M98 P1 L3 与 M98 P1 ; M98 P1 ; M98 P1 ; 等价。
,D	: 子程序的装置编号 (0~4)。 , 省略 D, 则记忆内的为子程序。 装置编号在加工参数中进行设定。

子程序返回

M99 P__ ;	
M99	: 子程序返回指令
P	: 返回先顺序编号(如省略, 则返回到呼叫节的下一单节)

注意事项:

- (1) 当找不到指定的P(程序编号) 时, 发生程序错误(P232)。
- (2) M98 Pp1 ; M99; 单节不可进行单节停止。但是, 当有除O,N,P,L,H以外的地址时, 可进行单节停止。
- (3) 在主程序中指令M99, 则返回开头。(MDI模式下也相同。)
- (4) 虽然可在纸带、BTR运转中通过M98 Pp1调用子程序, 但是无法通过M99 Pp1 ; 指定返回的顺序编号。
- (5) 通过M99 Pp1;指定顺序编号, 需要较长的搜索时间, 请加以注意。
- (6) 在子程序使用文件名时、包括扩展字最多为32个字符。当文件名超过32个字符时、发生程序错误(P232)。
- (7) 所有程序可作为文件进行登录。例如、将「0100」的文件作为子程序进行呼叫时、在M98P100及、M98P0100中、无法搜索到「0100」。在P后面继续指令数值时、跳跃计数零、看作为指定「100」的程序编号(文件)。呼叫类似「0100」的程序时、使用M98<0100>的格式指定文件名。
- (8) 通过M198指令呼叫子程序、在子程序嵌套中仅可使用一次。仅可在记忆或是MDI程序进行呼叫。

小结:

本章主要介绍固定循环功能及子程序调用, 主要掌握相关的格式。

小测试:

1、尝试填写以下空缺的固定循环地址。

地址	地址的意义
—	孔底位置延时时间的指定(忽略小数点以下)、 在 G75 的刀具半径补偿编号
—	在 G73,G83 中指定每次的切入量、 在 G76, G87 中指定移位量(增量值)、 在 G75 的外周圆的半径
R	R 点位置(绝对值或是增量值)的指定
F	通过切削进给指定进给速度(非同期攻丝)或是、Z 轴螺距数(同期攻丝)
—	固定循环重复次数的指定 0~9999 「0」设定不执行。
I,J,K	在 G76,G87 中移位量的指定(增量值) (在参数的设定中, 以 Q 地址指定移位量。)
S	主轴转速指令 (注 1) 同期攻丝时忽略“Sn=*****”型的 S 指令。(n: 主轴编号、*****: 转速) (注 2) 同期攻丝模态中指定 S 指令时、发生程序错误(P186)。
—	返回时的主轴转速
—	同期式/非同期式攻丝循环的选择 (省略时服从参数设定。)
M	M 功能指定 (注) 正攻丝的非同期攻丝时、通过 Mm1 指令基本的主轴正转、 主轴反转时一定要「主轴正转+1」, 否则进行错误的动作。
,I	定位轴就位宽度
,J	钻孔轴就位宽度

14. 坐标系设定功能

功能介绍:

- (1) 工件坐标系是以要加工的工件基准点为原点，用于简化工件上编程的坐标系。
- (2) 可通过本指令移动到工件坐标系中的位置。工件坐标系是程序员编程时使用的坐标系，除G54~G59这6组外，还有48组或是96组追加工件坐标系。（48组及96组为选配功能。）
- (3) 通过本指令，在当前选中的工件坐标系中重新设定工件坐标系，使刀具当前位置成为指令的坐标值。（刀具的当前位置，包含刀具半径、刀具长度及刀具位置的补偿量。）
- (4) 通过本指令，设定假想机械坐标系，让刀具的当前位置成为指令的坐标。（刀具的当前位置，包含刀具半径、刀具长度及刀具位置的补偿量。）(G54,G92)

14.1 工件坐标系设定 G54~G59

指令格式:

G54 (G55~G59) Xx Yy Zz; 坐标系选择

x y z 为 G54 指定的坐标原点。

详细说明:

- (1) G54~G59指令中，即使指定了工件坐标系的切换，指令轴的刀尖半径的补偿量也不会被取消。
- (2) 接通电源时，G54的坐标系将被选中。
- (3) G54~G59为模态指令。
- (4) 工件坐标系的偏置设定量表示距离基本机床坐标系0点的距离，如下图14-1。

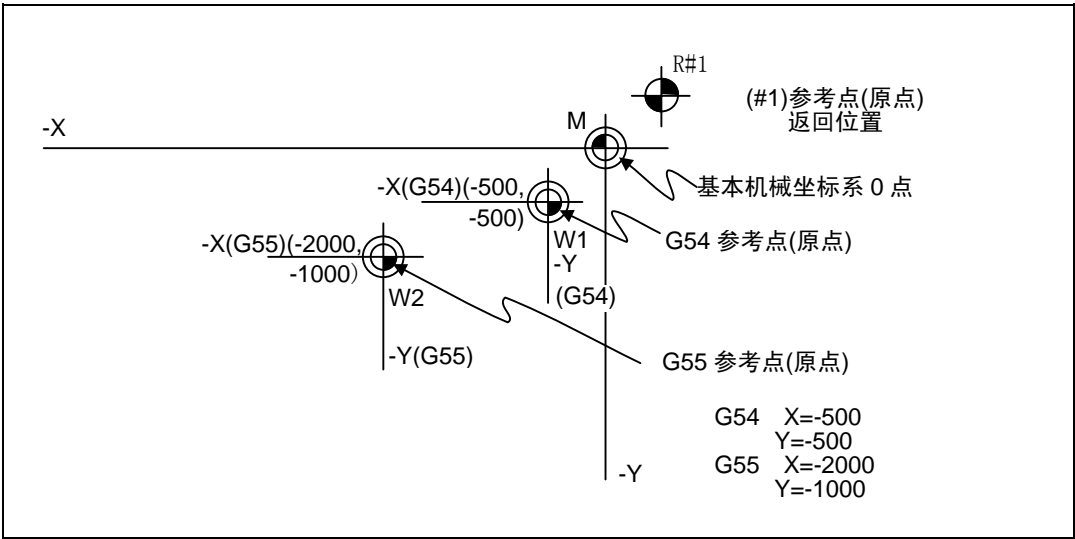


图 14-1 工件坐标与机床坐标关系图

(5) 六个工件坐标系的关系如下图 14-2:

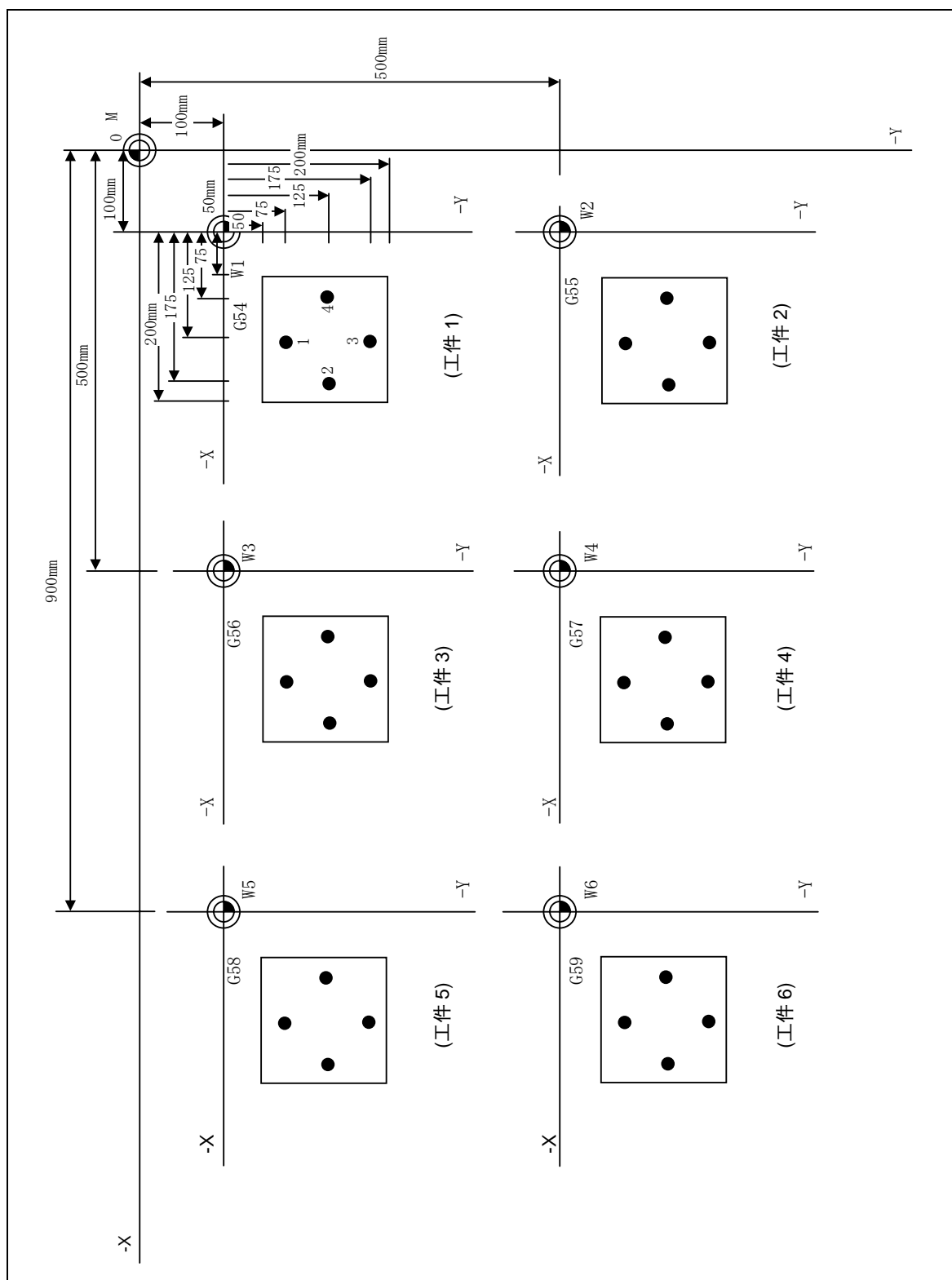


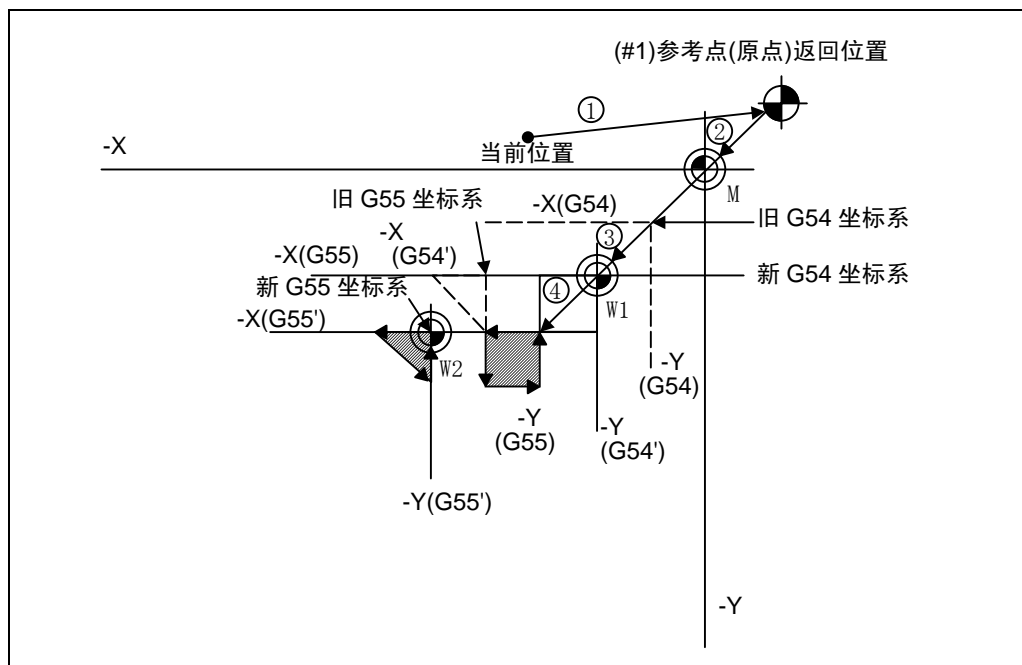
图14-2工件坐标系间的关系图

注意事项:

- ⚠ 如果在单节停止时变更工件坐标系偏置量, 则从下一单节起开始生效。
- ⚠ 使用 G92 偏置坐标系后, 因坐标系发生变更, 若要恢复原来的坐标系, 请务必返回机床参考点。

程序例:

(1)G28 X0 Y0;	
(2)G90 G00 G53 X0 Y0;	(当没有 G53 的偏置时, 不需要。)
(3)G54 X-500 Y-500;	工件坐标系移位置
(4)G92 X0 Y0;	新工件坐标系正设定
(5)M98 P1111;	



小结:

本章主要介绍工件坐标系与机床坐标系间的关系, 是安全运行程序的基建。

小测试:

- 1、工件坐标系是以要加工的工件基准点为原点, 用于简化工件上编程的坐标系 (判断)
- 2、为安全起见, 使用 G92 设定坐标系时候, 在使用其他坐标系之前, 需要返回参考点 (判断)

15.用户宏程序

15.1 宏程序的概念

宏程序是用于完成特定功能或动作、具有一定数学运算逻辑的程序。通常有以下二类：

- (1) 固定宏程序（NC 厂商制作）
- (2) 用户宏程序
 - (a) 机床制造商宏程序（机床制造商针对机床结构编写的宏程序，如刀库宏程序）
 - (b) 用户（用户根据加工工艺需要，简化编程，提高程序的可修改性编写的）

宏程序的特点：

- 1、内容及结构上：
 - (a) 逻辑性强（包含数学运算逻辑）。
 - (b) 可修改性强（有较好的通用性，修改变量即可修改几何信息，相对 CAM 软件生成的程序更易修改）。
 - (c) 精简（相对 CAM 软件生成的程序，更加精简）。
- 2、应用上：
 - (a) 主要针对零件加工。

15.2 自变量与局变量的概念

变量是指在程序中可以根据运算逻辑变更数值的一个“因子”。包含自变量和局变量。自变量有叫公共变量，属于系统通用的变量，即不同的程序都可以使用它。局变量又叫局部变量，属于限定在一定范围使用的变量。

种 类		编 号		功 能
公共变量		公共变量 1	公共变量 2	▪主、子、各宏程序均可使用。 ▪多系统中当使用公共变量时，通过以下的参数为系统间共用的公共变量。 #1303 V1comN #100～设定值 #1304 V0comN #500～设定值
1 系统	100 组	500～549	100～149	
	200 组	500～599	100～199	
	300 组	500～699	100～199	
	600 组	500～999	100～199	
多系统	50 + 50×系统数	500～549	100～149×系统数	
	100+100×系统数	500～599	100～199×系统数	
	400+100×系统数	500～899	100～199×系统数	
局部变量		1 ～33		在宏程序内，可在局部使用。
系统变量		1000～		在系统中，用途固定。
固定循环变量		1 ～32		固定循环程序内的局部变量

表 15-1 自变量/局变量一览表

具体的规格，请以机床制造商的说明书为准。
变量可以在普通的程序里使用，也可以在被固定的 G 代码或自定义 G 代码调用的程序中使用。

G65、G66、G66.1 是系统定义好的用于调用宏程序的 G 代码。当使用 G65、G66、G66.1 调用宏程序时，#1～#33 和字母的对应关系如下表：

例如图 15-1:

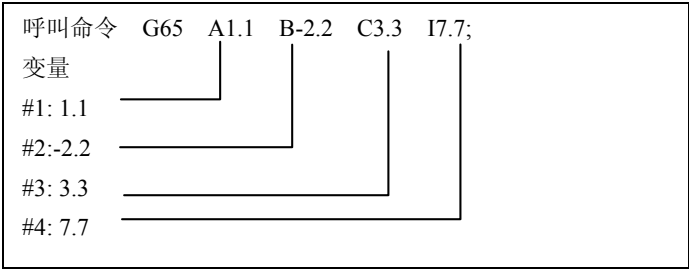


图 15-2 例一图

式中 A 对应变量#1，A 后的“1.1”即是变量#1 的值。其余字母与变量的关系参考下表 15-2，15-3。

地址・变量编号对应		呼叫命令与使用可能地址	
自变量指定 I 的地址	宏内的变量	G65,G66	G66.1
A	#1	○	○
B	#2	○	○
C	#3	○	○
D	#7	○	○
E	#8	○	○
F	#9	○	○
G	#10	×	× *
H	#11	○	○
I	#4	○	○
J	#5	○	○
K	#6	○	○
L	#12	×	× *
M	#13	○	○
N	#14	×	× *
O	#15	×	×
P	#16	×	× *
Q	#17	○	○
R	#18	○	○
S	#19	○	○
T	#20	○	○
U	#21	○	○
V	#22	○	○
W	#23	○	○
X	#24	○	○
Y	#25	○	○
Z	#26	○	○

表 15-2 自变量一览表 1

自变量指定 II 地址	宏内的变量	自变量指定 II 地址	宏内的变量
A	# 1	J5	#17
B	# 2	K5	#18
C	# 3	I6	#19
I1	# 4	J6	#20
J1	# 5	K6	#21
K1	# 6	I7	#22
I2	# 7	J7	#23
J2	# 8	K7	#24
K2	# 9	I8	#25
I3	#10	J8	#26
J3	#11	K8	#27
K3	#12	I9	#28
I4	#13	J9	#29
J4	#14	K9	#30
K4	#15	I10	#31
I5	#16	J10	#32
		K10	#33

表 15-3 自变量一览表 2

自变量具体指定地址是 I 还是 II 请参考机床制造商的说明书。

15.3 宏程序运算指令

宏程序运算指令包含常见的大部分数学计算，主要用于处理程序里的各种逻辑，见下表 15-4。

(1) 变量的定义、替换	#i = #j	定义、替换
(2) 加法运算	#i = #j + #k	加法
	#i = #j - #k	减法
	#i = #j OR #k	逻辑和 (32Bit 的各 Bit)
	#i = #j XOR #k	排他的逻辑和
(3) 乘法运算	#i = #j * #k	乘算
	#i = #j / #k	除法
	#i = #j MOD #k	取余
	#i = #j AND #k	逻辑积(32Bit 的各 Bit)
(4) 函数	#i = SIN [#k]	正弦
	#i = COS [#k]	余弦
	#i = TAN [#k]	正接 $\tan\theta$ 使用 $\sin\theta/\cos\theta$ 。
	#i = ASIN [#k]	反正弦
	#i = ATAN [#k]	反正接 (ATAN 或是 ATN 均可)
	#i = ACOS [#k]	反余弦
	#i = SQRT [#k]	平方值 (SQRT 或是 SQR 均可)
	#i = ABS [#k]	绝对值
	#i = BIN [#k]	从 BCD 变换为 BINARY
	#i = BCD [#k]	从 BINARY 变换为 BCD
	#i = ROUND[#k]	四舍五入 (ROUND 或是 RND 均可)
	#i = FIX [#k]	舍弃小数点以下
	#i = FUP [#k]	小数点以下进位
	#i = LN [#k]	自然对数
	#i = EXP [#k]	e(=2.718.....) 为底的指数
比较符号	#i EQ #j	= #i 与 #j 相等时
	#i NE #j	≠ #i 与 #j 不相等时
	#i GT #j	> #i 大于#j 时
	#i LT #j	< #i 小于#j 时
	#i GE #j	≧ #i 大于等于#j 时
	#i LE #j	≦ #i 小于等于#j 时

表 15-4 宏程序运算指令表

运算指令例，减下表 15-5，15-6，15-7：

(1) 主程序与 自变量指 定	G65 P100 A10 B20.; #101 = 100.000 #102 = 200.000;	#1 10.000 #2 20.000 #101 100.000 #102 200.000
(2) 定义、替换 =	#1 = 1000 #2 = 1000. #3 = #101 #4 = #102 #5 = #10001 (#10001 = -10.)	#1 1000.000 #2 1000.000 #3 100.000 #4 200.000 #5 -10.000 } 根据通用变量 ... 根据刀具偏置
(3) 加法、减法 +-	#11 = #1 + 1000 #12 = #2 - 50. #13 = #101 + #1 #14 = #10001 - 3. (#10001 = -10.) #15 = #10001 + #102	#11 2000.000 #12 950.000 #13 1100.000 #14 -13.000 #15 190.000
(4) 乘算、除法 * /	#21 = 100 * 100 #22 = 100. * 100 #23 = 100 * 100. #24 = 100. * 100. #25 = 100 / 100 #26 = 100. / 100 #27 = 100 / 100. #28 = 100. / 100. #29 = #10001 * #101 (#10001 = -10.) #30 = #10001 / #102	#21 10000.000 #22 10000.000 #23 10000.000 #24 10000.000 #25 1.000 #26 1.000 #27 1.000 #28 1.000 #29 -1000.000 #30 -0.050
(5) 剩余 MOD	#19 = 48 #20 = 9 #31 = #19 MOD #20	$\frac{\#19}{\#20} = \frac{48}{9} = 5 \text{ 余 } 3$ #31 = 3
(6) 逻辑和 OR	#3 = 100 #4 = #3 OR 14	#3 = 01100100(2 进制) 14 = 00001110(2 进制) #4 = 01101110 = 110
(7) 排他的逻辑和 XOR	#3 = 100 #4 = #3 XOR 14	#3 = 01100100(2 进制) 14 = 00001110(2 进制) #4 = 01101010 = 106
(8) 逻辑积 AND	#9 = 100 #10 = #9 AND 15	#9 = 01100100(2 进制) 15 = 00001111(2 进制) #10 = 00000100 = 4

表 15-5 宏程序运算指令例 1

(9) 正弦 SIN	#501 = SIN [60]	#501	0.866
	#502 = SIN [60.]	#502	0.866
	#503 = 1000 * SIN [60]	#503	866.025
	#504 = 1000 * SIN [60.]	#504	866.025
	#505 = 1000. * SIN [60]	#505	866.025
	#506 = 1000. * SIN [60.] (注) SIN [60]与 SIN [60.]等价。	#506	866.025
(10) 余弦 COS	#541 = COS [45]	#541	0.707
	#542 = COS [45.]	#542	0.707
	#543 = 1000 * COS [45]	#543	707.107
	#544 = 1000 * COS [45.]	#544	707.107
	#545 = 1000. * COS [45]	#545	707.107
	#546 = 1000. * COS [45.] (注) COS [45]与 COS [45.]等价。	#546	707.107
(11) 正接 TAN	#551 = TAN [60]	#551	1.732
	#552 = TAN [60.]	#552	1.732
	#553 = 1000 * TAN [60]	#553	1732.051
	#554 = 1000 * TAN [60.]	#554	1732.051
	#555 = 1000. * TAN [60]	#555	1732.051
	#556 = 1000. * TAN [60.] (注) TAN [60]与 TAN [60.]等价。	#556	1732.051
(12) 反正弦 ASIN	#531 = ASIN [100.500 / 201.]	#531	30.000
	#532 = ASIN [100.500 / 201]	#532	30.000
	#533 = ASIN [0.500]	#533	30.000
	#534 = ASIN [-0.500]	#534	-30.000
		(注)#1273/bit0 为 1 时、 #534 = 330°。	
(13) 反正接 ATN 或是 ATAN	#561 = ATAN [173205 / 100000]	#561	60.000
	#562 = ATAN [173205 / 100000.]	#562	60.000
	#563 = ATAN [173.205 / 100]	#563	60.000
	#564 = ATAN [173.205 / 100.]	#564	60.000
	#565 = ATAN [1.73205]	#565	60.000
(14) 反余弦 ACOS	#521 = ACOS [100 / 141.421]	#521	45.000
	#522 = ACOS [100. / 141.421]	#522	45.000
(15) 平方根 SQR 或是 SQRT	#571 = SQRT [1000]	#571	31.623
	#572 = SQRT [1000.]	#572	31.623
	#573 = SQRT [10. * 10. + 20. * 20]	#573	22.360
	(注) 为了提高精度, 请尽可能在 [] 中进行运算。		

表 15-6 宏程序运算指令例 2

15. 用户宏程序

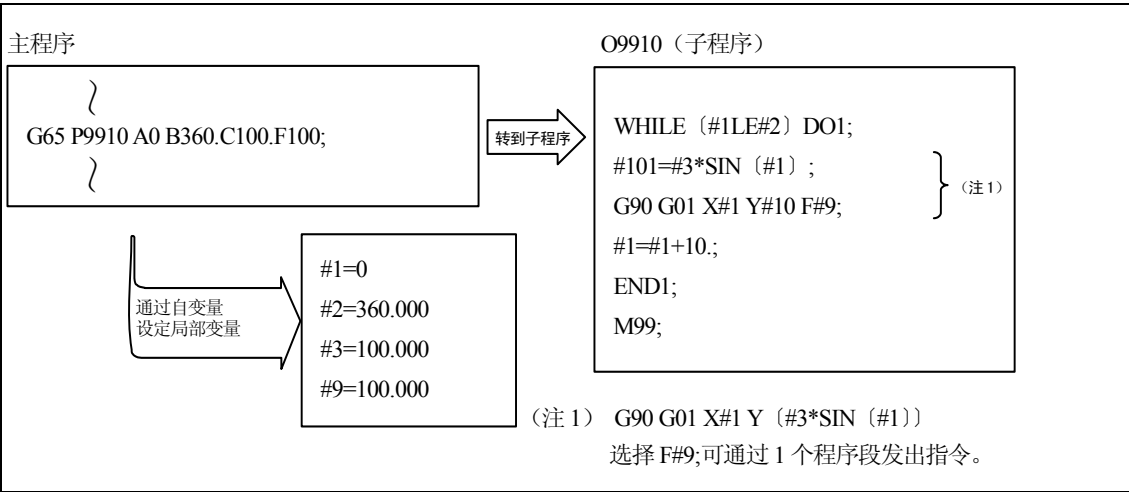
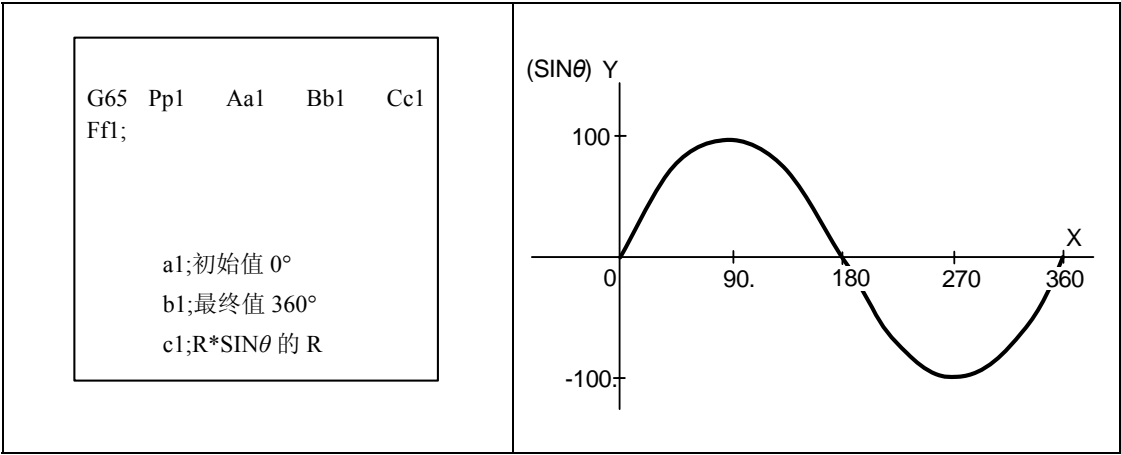
(16) 绝对值 ABS	#576 = -1000 #577 = ABS [#576] #3 = 70, #4 = -50. #580 = ABS [#4 - #3]	#576 -1000.000 #577 1000.000 #580 120.000
(17) BIN, BCD	#1 = 100 #11 = BIN [#1] #12 = BCD [#1]	#11 64 #12 256
(18) 四舍五入 RND 或是 ROUND	#21 = ROUND [14 / 3] #22 = ROUND [14. / 3] #23 = ROUND [14 / 3.] #24 = ROUND [14. / 3.] #25 = ROUND [-14 / 3] #26 = ROUND [-14. / 3] #27 = ROUND [-14 / 3.] #28 = ROUND [-14. / 3.]	#21 5 #22 5 #23 5 #24 5 #25 -5 #26 -5 #27 -5 #28 -5
(19) 小数点以 下 舍弃 FIX	#21 = FIX [14 / 3] #22 = FIX [14. / 3] #23 = FIX [14 / 3.] #24 = FIX [14. / 3.] #25 = FIX [-14 / 3] #26 = FIX [-14. / 3] #27 = FIX [-14 / 3.] #28 = FIX [-14. / 3.]	#21 4.000 #22 4.000 #23 4.000 #24 4.000 #25 -4.000 #26 -4.000 #27 -4.000 #28 -4.000
(20) 进位 FUP	#21 = FUP [14 / 3] #22 = FUP [14. / 3] #23 = FUP [14 / 3.] #24 = FUP [14. / 3.] #25 = FUP [-14 / 3] #26 = FUP [-14. / 3] #27 = FUP [-14 / 3.] #28 = FUP [-14. / 3.]	#21 5.000 #22 5.000 #23 5.000 #24 5.000 #25 -5.000 #26 -5.000 #27 -5.000 #28 -5.000
(21) 自然对数 LN	#10 = LN [5] #102 = LN [0.5] #103 = LN [-5]	#101 1.609 #102 -0.693 エラー "P282"
(22) 指数 EXP	#104 = EXP [2] #105 = EXP [1] #106 = EXP [-2]	#104 7.389 #105 2.718 #106 0.135

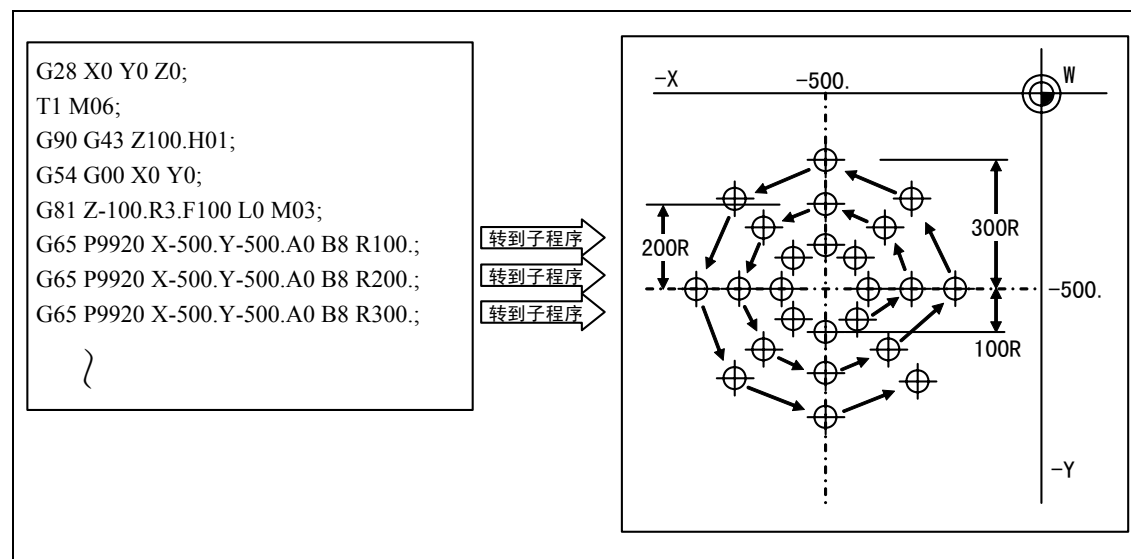
表 15-7 宏程序运算指令例 3

15.4 宏程序例子

例一：

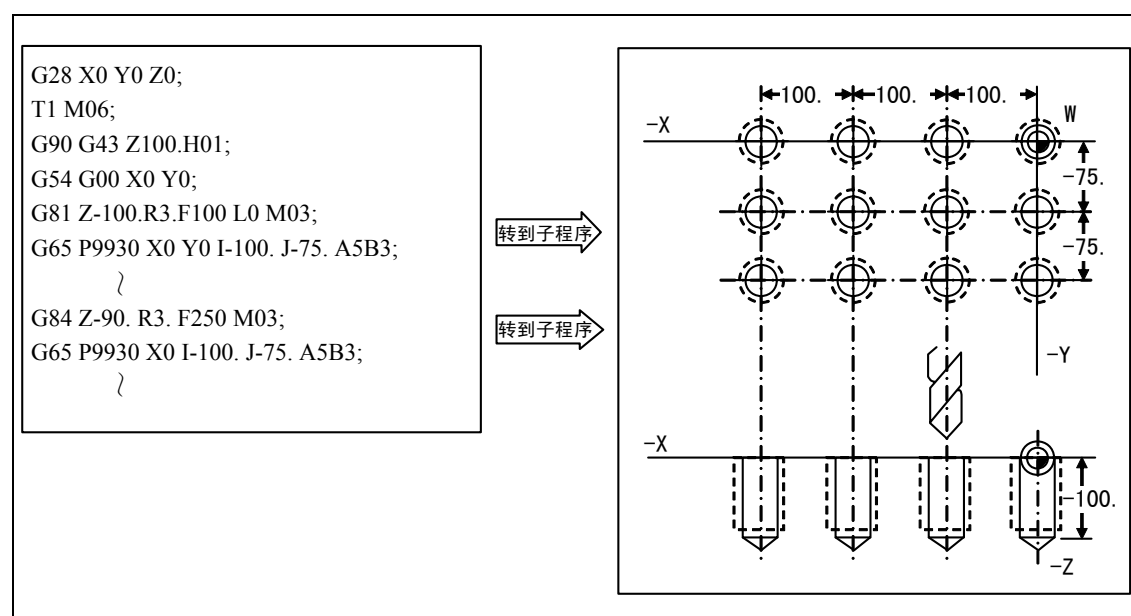
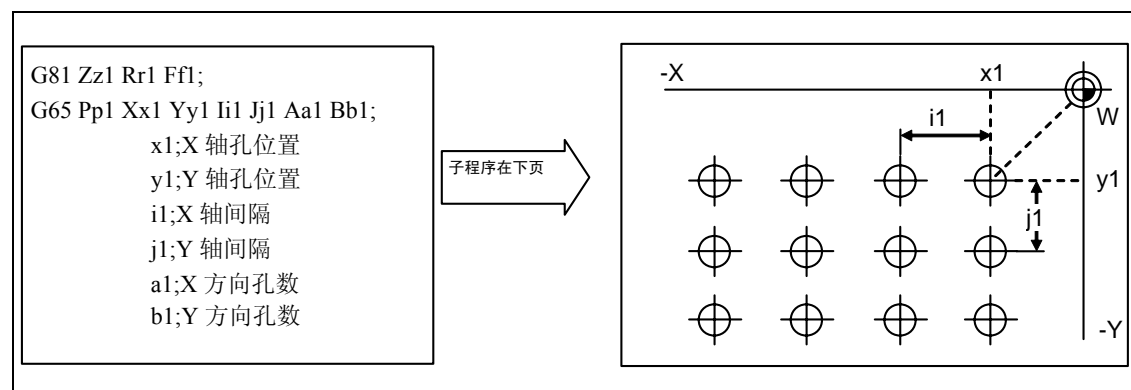
SIN 曲线





例三:

钻网格孔:



O9930（子程序）

```
#101=#24;
#102=#25;

#103=#4;
#104=#5;

#106=#2;

WHILE (#106GT0) DO1;

#105=#1;

WHILE (#105GT0) DO2;

G90 X#101 Y#102;

#101=#101+#103;
#105=#105-1;

END2;

#101=#101-#103;
#102=#102+#104;

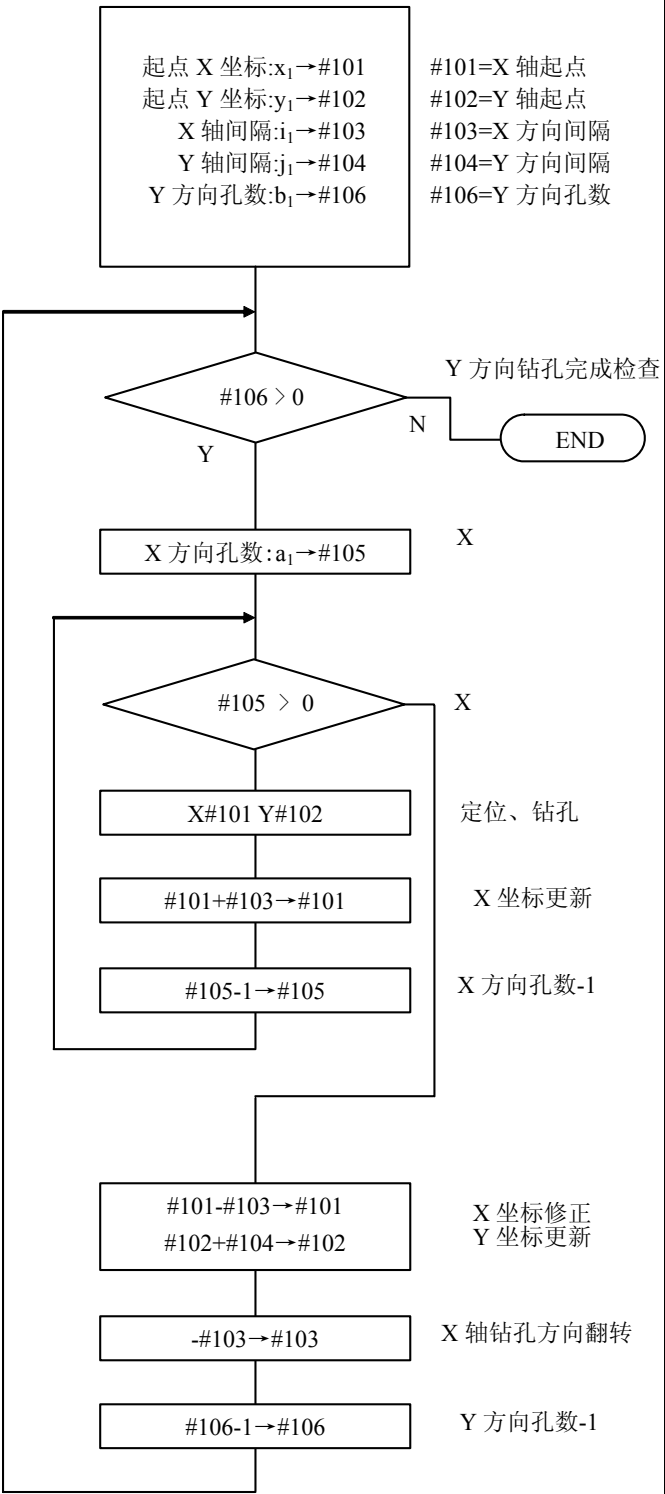
#103=-#103;
#106=#106-1;

END1;

M99;
```

（注 1）缩短到 1 个程序段内进行编程可缩短处理时间。

O9930



15.5 宏程序编写注意事项

- 1、在使用相关变量之前，请务必确认哪些变量是可以使用的（以机床制造商的说明书为准）
- 2、宏程序在模拟软件中无法查看到其动作，调试时请使用用户软极限限制后试运行。
- 3、宏程序的运算理论上会存在误差，但是比较小，大多时候这种误差可以忽略。

小结：

本章主要介绍基本的宏变量，宏运算指令，重点是通过几个例子来掌握宏程序编写的基本功。

小测试：

- 1、变量包含局部变量和公共变量（判断）
- 2、曲面类模具加工编程主要使用宏程序（判断）

16. 高速度、高精度、高速高精度、SSS 加工编程方法

功能介绍:

高速度、高精度、高速高精度、SSS 是三菱 NC 加工中不同的控制模式。高速度、高精度、高速高精度其功能如词义。SSS 是在高速高精度基础上,增加了路径预判能力,可根据程序路径(前方的路况)作出更合理的速度、时间控制。

16.1 高速度 G05 P1,G05 P2

功能介绍:

本功能主要针对由曲率变化不大的自由曲面构成的模具加工。可提高模具的加工速度。

指令格式:

G05 P1(G05 P2); 高速加工模式 I(高速加工模式 II)开始
...
G05 P0 高速加工模式 I(高速加工模式 II)结束

详细说明:

(1) 高速加工模式 I /II中、执行单节预读、1 单节的长度对于指令速度过短、1 次的插补计算中如单节结束长度时、合成多单节,可消化1次的插补,在单节长度可变换指定单节,如下图16-1。

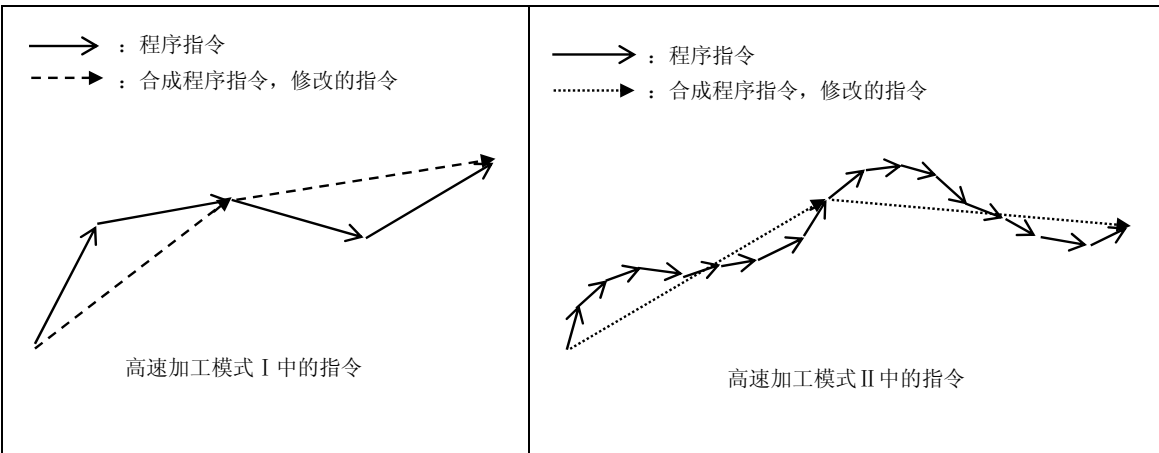


图 16-1 高速加工原理图

- (2) 即使在高速加工模式 I /II中、倍率、最大切削速度钳制、单节运转、空运转、手动中断、描图、高精度控制模式为有效。
- (3) 使用高速加工模式 II 时、无圆弧与直线、圆弧与圆弧的下一个速度变换、需要将参数「#1572 Cirorp」的「BIT1」设定为「1」。
- (4) 无高速加工模式I (II) 的选配功能时、若指令「G05 P1 (P2)」, 则发生程序错误 (P39)。
- (5) 高速加工模式I/II中执行加工时、程序指令的路径与实际的路径会出现差异的情况。
- (6) 高速加工模式I/II中、优先执行自动运转的处理、所以显示应答会出现延迟

的情况。

(5) 通过通信及纸带运转执行高速加工模式运转时、程序传送速度的制限会降低加工速度。

(6) G05指令请在单独单节进行指令。

(7) G05指令单节的地址P、为小数点无效。

(8) G05指令单节的地址P在、P0, P1, P2, P3, P10000中有效。指令除此以外的P指令时、发生程序错误(P35)。无P指令时、发生程序错误(P33)。

16.2 高精度G61.1,G08

功能介绍:

本功能是减小系统控制原理上的误差, 如下图 16-2

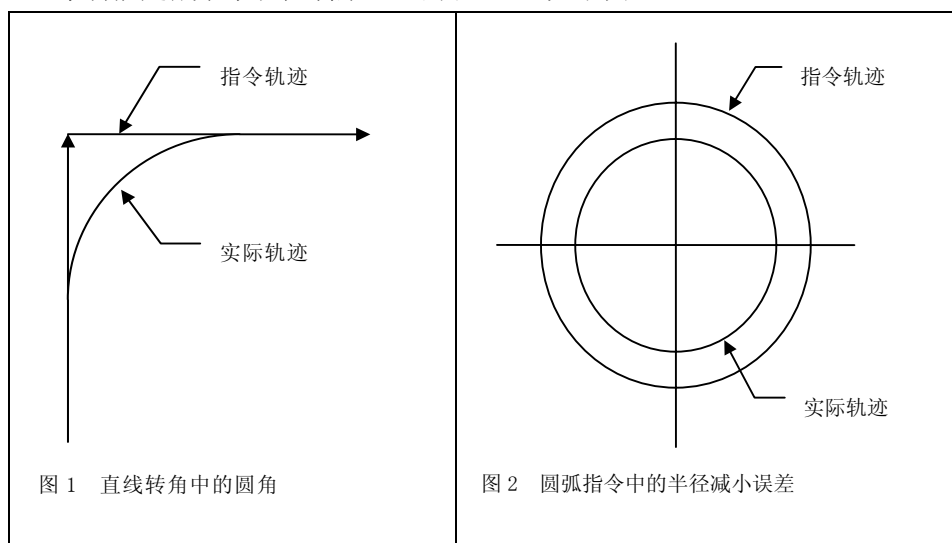


图 16-2 高精度加工原理图

通过:

- (1) 插补前加减速 (直线加减速)
- (2) 最佳速度控制
- (3) 矢量精插补
- (4) 前馈
- (5) 圆弧入口/出口速度控制
- (6) S型过滤控制

将加工时间缩短到最小, 同时误差降低到最小的指令。

指令格式:

G61.1 Ff;	高精度控制开始 F 是进给速度指令, f 为高精度的控制速度。
G08 P1;	高精度控制开始
G08 P0;	高精度控制结束

详细说明:

- 1、G61.1 与 G08 使用格式不同, 参考上文“指令格式”。
- 2、G61.1 与 G08 指令在同一台机床中只可以使用其中一个, 具体以机床制造商的说明书为准。

16.3 高速高精度 I II G05.1 Q1 ,G05 P10000

功能介绍:

高速高精度是高速加工和高精度加工的结合。规格上有“高速高精度 I”“高速高精度 II”两种,指令分别为 G05.1 Q1 ,G05 P10000。相比较而言,其处理速度有很大提高:

同时3轴1mm微小线段能力如下表16-1, 16-2。

高速高精度功能 I 模式	微小线段执行能力		程序上的限制
	无半径补偿	有半径补偿	
无效	16.8m/min	16.8m/min	无
有效	33.6m/min	33.6m/min	有

表16-1高速高精度功能I能力表

高速高精度功能 II 模式	微小线段执行能力（线段长1mm） （无半径补偿）		程序上的限制
	光顺无效	光顺有效	
	无效	16.8 m/min	
有效 (NC 轴数 1~4)	135.0 m/ min	101.2 m/ min	有
有效 (NC 轴数 5, 6)	101.2 m/ min	84.2 m/ min	

表16-2高速高精度功能I能力表

(注) 光顺有效 (#8033 为“1”) 时, 如通过加工程序进行连续光顺处理, 有时速度将低于表中所示的值。另外, 在连接网络时, 根据具体的状态, 有时可能无法保证表中所示的值。

指令格式:

G05.1 Q1; 高速高精度 I 开始

...

G05.1 Q0; 高速高精度 I 结束

G05 P10000; 高速高精度 II 开始

...

G05 P0; 高速高精度 II 结束

详细说明:

- (1) 高速高精度控制 I /II 可通过计算机链接、纸带、MDI、IC卡、内存运转中的任意一个完成控制。
- (2) 在高速加工模式 I /II 模态中, 倍率、最大切削速度钳制、单程序段运转、空运转、手动插入、图形跟踪仍然有效。
- (3) 根据单程序段字符数的不同, 加工速度有时可能有所降低。

- (4) 在高速高精度控制 I / II 功能中，高精度控制模式自动打开。
- (5) 刀具半径补偿指令应在高速高精度控制 I / II 模式中打开并关闭。在未关闭刀具半径补偿的状态下，关闭高速高精度控制 I / II 将发生程序错误(P34)。
- (6) 指定可指令数据以外的数据时，请在关闭高速高精度控制 I / II 模式后再发出指令。
- (7) 使用高速高精度 II 模式时，为消除圆弧和直线、圆弧和圆弧接合处的速度变动，应将参数“#1572 Cirorp”设定为“1”。
- (8) 进给速度指令F按照由参数设定的“#2110 Clamp(H-precision)”（高精度控制模式用切削进给钳制速度）进行钳制。
- (9) 快速进给速度将启用由参数设定的“#2109 Rapid(H-precision)”（高精度控制模式用快速进给速度）。
- (10) “#2109 Rapid(H-precision)”的设定值为“0”时，按照由参数设定的“#2001 rapid”（快速进给速度）进行移动。另外，“#2110 Clamp(H-precision)”的设定值为“0”时，将按照由参数设定的“#2002 clamp”（切削钳制速度）进行钳制。

16.4 SSS 控制

功能介绍：

在以往的高精度控制中，将2个程序段间的角度与转角减速角度相比较，决定是否在程序段之间执行转角减速。由此，角度与转角减速角度接近的程序段之间将会产生急剧的速度变化，可能留下伤痕或条纹。

在SSS(Super Smooth Surface)控制中，则通过使用大范围的路径信息，预测最佳的速度进行速度控制。SSS控制与以往的高精度控制功能相比具有以下特征，能够获得更为平滑的加工面。

- (1) 不容易发生干扰加工的程序段（微小高度差或扭曲）引起的速度变动，减少了这些程序段造成的伤痕。
 - (2) 在不需要转角减速的位置，如果预测的加速度较大，也对速度进行钳制。
- 对于转角部位较多的加工，可以有效缩短加工时间，见下图16-3。

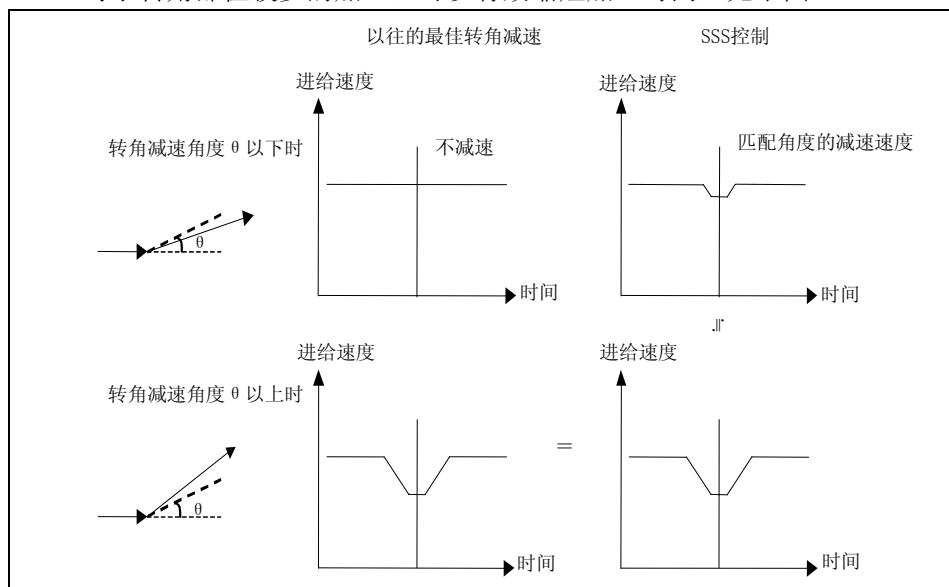


图 16-3 SSS原理图

SSS控制中识别的路径方向的长度,可以通过加工参数“#8091 基准长度”进行调整。设定值越大,范围越大,越不易受到误差的影响。

(注)本功能为选项功能。另外,使用本功能必要有高速高精度控制II选项功能。

指令格式:

与 G05 P10000 指令格式相同。

详细说明:

- (1) 使用SSS控制遵照以下步骤。
 - (a) 在规格中有SSS控制的基础上。
加工参数 “#8090=1时, SSS控制有效”
 - (b) 指定“G05 P10000 ;”(高速高精度控制II打开)。
指定“G05 P0 ;”(高速高精度控制II关闭)之前, SSS控制有效。
- (2) SSS控制可通过计算机链接、纸带、MDI、IC卡、内存运转中的任意一个完成控制。
- (3) 根据单程序段字符数的不同,加工速度有时可能有所降低。
- (4) 指定可指令数据以外的数据时,请在关闭SSS控制模式后再发出指令。

小结:

本章主要介绍高速度、高精度、高速高精度、SSS 功能。

小测试:

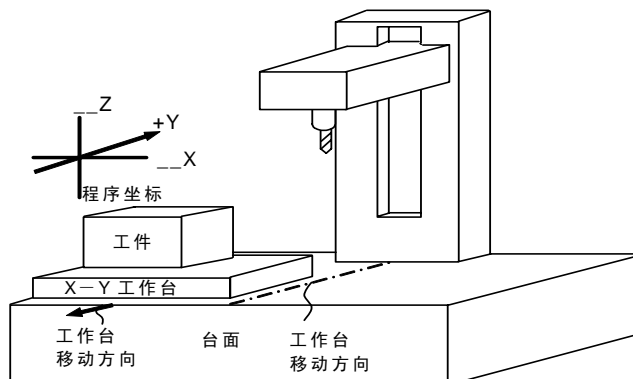
- 1、 高速高精度功能综合了高速度及高精度控制(判断)
- 2、 SSS 通过使用大范围的路径信息,预测最佳的速度进行速度控制(判断)

17. 测试题

题型：选择（含多选）、判断、填空、简答

填空

(1) 请根据笛卡尔坐标系的标准,在下图中标明 X、Z 轴的正负方向（填空）



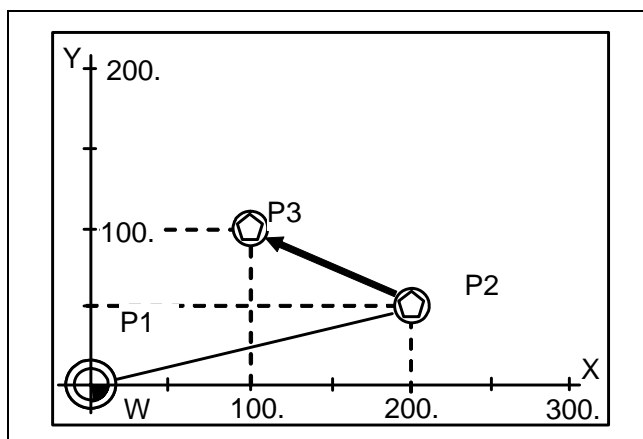
(2) G55 是_____坐标系（选择）

A、工件坐标系

B、机械坐标系

(3) 在 M 系中，G92 可以设定坐标系，若要恢复原始的机床坐标系，需要返回机床参考点（判断）

(4) 根据下图，分别用 G90,G91 编写 P1-P2-P3 的移动程序。（简答）



(5) 公英制通过 G20,G21 转换，后可以直接运行之前的程序（判断）

(6) 说明 G02 移动指令中，各字母地址的意义(简答):

G02(G03) Xx Yy Zz Ii Jj Kk Ff;

G02(G03) Xx Yy Zz Rr Ff;

Xx Yy Zz:

I: _____

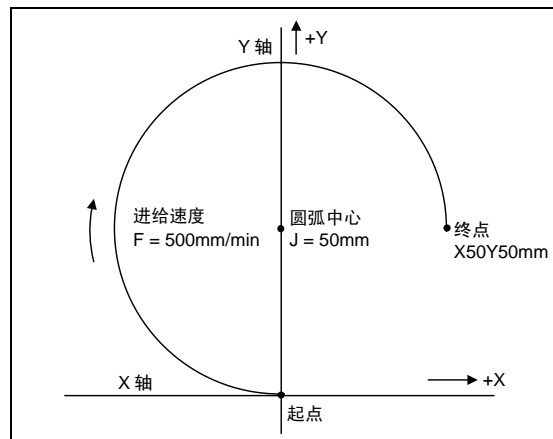
J: _____

K: _____

F: _____

17. 测试题

(7) 下图为 3/4 圆弧，请使用增量编程方式编写该路径的程序（简答）：



(8) 简述以下两组 G33 指令的区别（简答）：

G33 Zz Xx Yy Ff Qq;

G33 Zz Xx Yy Ee Qq;

(9) 圆筒插补在车床系和铣床系都可以使用（判断）

(10) G94 是非同期进给模式，G95 是同期进给模式（判断）

(11) 简述反比例进给控制的优劣（简答）：

(12) 简述 G09/G61 的作用（简答）：

(13) 简述 M00 和 M01 的作用（简答）：

(14) 说明 M98 指令中，各字母地址的意义（简答）：

M98 Pp Hh Ll Dd;

P _____

H _____

L _____

D _____

(15) 简述 G96 在车床系里的作用 (简答):

(16) 简述刀具长度补偿和半径补偿的作用 (简答):

(17) 简述 G8△(G7△)固定循环指令中, 各字母地址的意义 (简答):

G8△(G7△) Xx Yy Zz Rr Qq Pp Ff Ll Ss, Ss, li ,Jj;

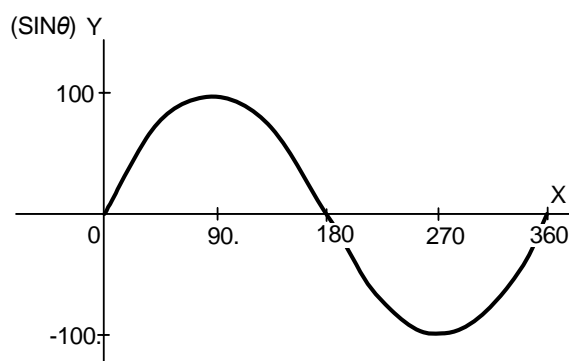
S

.S

(18) 简述 G98,G99 的作用 (简答):

(19) 列举常见的坐标系 (简答):

(20) 用宏程序编写下图曲线的路径 (简答):



18. G代码一览表

G 代码	组	功 能
△ 00	01	定位
△ 01	01	直线插补
02	01	圆弧插补 CW / 涡旋·圆弧插补 CW (类型 2)
03	01	圆弧插补 CCW / 涡旋·圆弧插补 CCW (类型 2)
02.1	01	涡旋·圆弧插补 CW (类型 1)
03.1	01	涡旋·圆弧插补 CCW (类型 1)
02.3	01	指数函数插补 正转
03.3	01	指数函数插补 负转
02.4	01	三维圆弧插补
03.4	01	三维圆弧插补
04	00	延时
05	00	高速高精度控制 II/高速加工模式
05.1	00	高速高精度控制 I /样条曲线
06.2	01	NURBS 插补
07	00	假想轴插补
07.1 107	21	圆筒插补
08	00	高精度控制 1
09	00	准确定位检查
10	00	程序数据输入 (参数/补偿数据/参数坐标旋转数据)
11	00	程序数据输入取消
12	00	圆切削 CW
13	00	圆切削 CCW
12.1 112	21	极坐标插补 接通
* 13.1 113	21	极坐标插补 取消
14		
* 15	18	极坐标指令 关断
16	18	极坐标指令 接通
△ 17	02	平面选择 X-Y
△ 18	02	平面选择 Z-X
△ 19	02	平面选择 Y-Z
△ 20	06	英制指令
△ 21	06	公制指令
22	04	移动前行程检查 接通
23	04	移动前行程检查 取消

G 代码	组	功 能
24		
25		
26		
27	00	参考点检查
28	00	参考点返回
29	00	开始点返回
30	00	第 2~4 参考点返回
30.1	00	刀具交换位置返回 1
30.2	00	刀具交换位置返回 2
30.3	00	刀具交换位置返回 3
30.4	00	刀具交换位置返回 4
30.5	00	刀具交换位置返回 5
30.6	00	刀具交换位置返回 6
31	00	跳跃/多级跳跃 2
31.1	00	多级跳跃 1-1
31.2	00	多级跳跃 1-2
31.3	00	多级跳跃 1-3
32		
33	01	螺纹切削
34	00	特殊固定循环(螺栓孔循环)
35	00	特殊固定循环(直线接转角)
36	00	特殊固定循环(弧线)
37	00	自动刀具长度测定
37.1	00	特殊固定循环(网格)
38	00	刀具半径补偿矢量指定
39	00	刀具半径补偿转角圆弧
* 40	07	刀具半径补偿取消 / 三维刀具半径补偿取消
41	07	刀具半径补偿 左 / 三维刀具半径补偿 左
42	07	刀具半径补偿 右 / 三维刀具半径补偿 右
* 40.1	15	法线控制 取消
41.1	15	法线控制 左 接通
42.1	15	法线控制 右 接通
43	08	刀具长度补偿 (+)
44	08	刀具长度补偿 (-)
43.1	08	刀具轴方向刀具长度补偿
43.4	08	刀具先端点控制 类型 1 接通
43.5	08	刀具先端点控制 类型 2 接通
45	00	刀具位置偏置 (扩展)
46	00	刀具位置偏置 (缩小)
47	00	刀具位置偏置 (两倍)
48	00	刀具位置偏置 (减半)
* 49	08	刀具长度补偿取消/刀具端点控制取消
* 50	11	换算 取消
51	11	换算 接通

18. G代码一览表

G 代码	组	功 能
* 50.1	19	G 指令镜像 取消
51.1	19	G 指令镜像 接通
52	00	局部坐标系设定
53	00	机械坐标系选择
* 54	12	工件坐标系 1 选择
55	12	工件坐标系 2 选择
56	12	工件坐标系 3 选择
57	12	工件坐标系 4 选择
58	12	工件坐标系 5 选择
59	12	工件坐标系 6 选择
54.1	12	工件坐标系选择 扩展 48 组/96 组
60	00	单向定位
61	13	准确定位检查模式
61.1	13	高精度控制 1 接通
61.2	13	高精度样条曲线
62	13	自动转角倍率
63	13	攻牙模式
63.1	13	同期式攻牙模式 (正向攻牙)
63.2	13	同期式攻牙模式 (反向攻牙)
* 64	13	切削模式
65	00	用户宏 单纯呼叫
66	14	用户宏 模态呼叫 A
66.1	14	用户宏 模态呼叫 B
* 67	14	用户宏 模态呼叫 取消
68	16	可编程坐标旋转模式 接通 /三维坐标变换模式 接通
* 69	16	可编程坐标旋转模式 关断 /三维坐标变换模式 关断
70	09	用户固定循环
71	09	用户固定循环
72	09	用户固定循环
73	09	固定循环(步进)
74	09	固定循环(反向攻牙)
75	09	固定循环(圆切削)
76	09	固定循环(精镗)
77	09	用户固定循环
78	09	用户固定循环
79	09	用户固定循环
* 80	09	固定循环取消
81	09	固定循环(钻孔/铰钻)
82	09	固定循环(钻孔/镗阶梯孔)
83	09	固定循环(深钻孔)
84	09	固定循环(攻牙)
85	09	固定循环(镗孔)
86	09	固定循环(镗孔)
87	09	固定循环(背镗)

88	09	固定循环(镗孔)
G 代码	组	功 能
89	09	固定循环(镗孔)
△ 90	03	绝对值指令
△ 91	03	增量值指令
92	00	机械坐标系设定
92.1	00	工件坐标系预置
93	05	反比例进给
△ 94	05	非同期进给(每分钟进给)
△ 95	05	同期进给(每转进给)
△ 96	17	恒表面速度控制 接通
△ 97	17	恒表面速度控制 关断
* 98	10	固定循环 初始返回
99	10	固定循环 R 点返回
100~225	00	用户宏(G 代码呼叫)最大 10 个

(注 1) *标记表示应在初始状态下进行选择的代码，或是被选中的代码。

△标记表示应通过参数，在初始状态下选择的代码，或选中的代码。

(注 2) 当指定了同一组内的 2 个以上的 G 代码时，最后的 G 代码生效。

(注 3) 本 G 指令一览表为原本的 G 指令一览表。根据机械不同，可能会通过调用 G 代码宏，执行与原本的 G 指令不同的动作。请在参阅机械制造商所刊行的说明书的基础上，加以确认。

(注 4) 各复位输入中是否进行模态初始化，各不相同。

(1) “复位 1”

当复位初始参数(#1151 rstinit)为 ON 时，将模态初始化。

(2) “复位 2”及“复位&倒带”

在输入信号时，将模态初始化。

(3) 紧急停止解除时的复位

根据“复位 1”。

(4) 开始参考点返回等个别功能时，自动进行复位。

根据“复位&倒带”。

19. 参考答案

第 2 章

1、请简述如何使用笛卡尔坐标系判断轴的方向。

答：

轴正方向一般按笛卡尔坐标系的标准确定，即：右手母子、食指、中指相互成 90° 张开，母子、食指、中指分别为第一、第二和第三轴（本教程中以传统常见的 X、Y、Z 轴名称进行说明），手指指向为相应坐标的正方向。

2、请简述参考点、机械坐标原点、工件坐标系的区别。

答：

距离的判断需要有参照物，参考点是机床上一个“参照物”。通常又叫“电气原点”。机械原点是根据参考点设定的一个原点（通常在机械行程的边缘），机床的运动即是以此点为参照的。

定加工工艺时，通常需要在工件上定义一个基准点，这个基准点到机械原点的距离即是工件坐标系，也就是大家常用的 G54-G59 坐标。

第 3 章

1. LF 或 NL 是单节结束符，在 NC 屏幕上显示的是“；”（判断）

答：正确

2. 在单节“G90G54G40G80G49；”中，“G90”是单节里的一个字（判断）

答：正确

3. 程序由若干单节构成，单节由若干字构成（判断）

答：正确

第 4 章

1、指令分为公制和英制两大类（判断）

答：正确

3、G 指令只可以切换输入指令单位、无法实现输入设定单位的切换（判断）

答：正确

第 5 章

1、G90、G91 是非模态 G 代码（判断）

答：错误

2、G90 是绝对位置指令（判断）

答：正确

3、公制英制的切换不适用于旋转轴（判断）

答：正确

第 6 章

1、G00 通常用于快速定位，G01 通常用于实际插补加工（判断）

答：正确

2、G03 是顺时针插补（判断）

答：错误

3、G60 是单向定位指令（判断）

答：正确

4、圆筒插补可以用于加工凸轮（判断）

答：正确

第 7 章

1、G94用于指定每分钟进给率，G95用于指定每转进给率（判断）

答：正确

2、反比例进给的主要作用是保持加工面的加工线速度一直（判断）

答：正确

3、G09是精确定位检查G指令（判断）

答：正确

4、G61功能与G09一致，区别在于G61是模态的（判断）

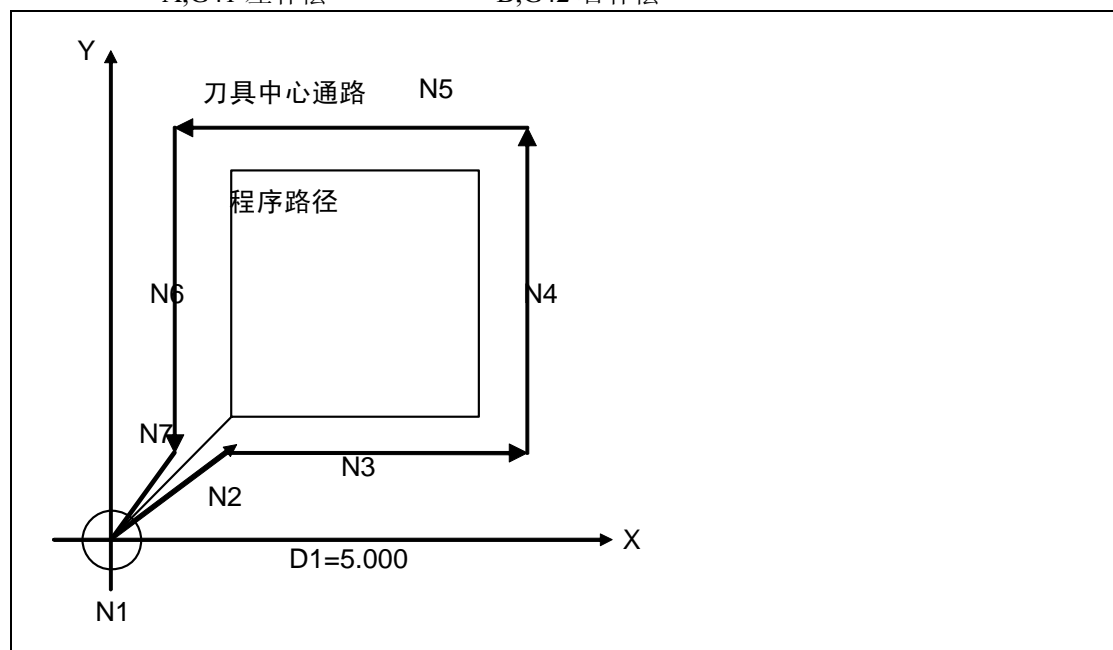
答：正确

第 12 章

1、下图 12-6 中，N1-N7 为刀具沿着工件外围铣削路径，内轮廓为程序路径，请判断半径补偿方式（B）

A,G41 左补偿

B,G42 右补偿



第 13 章

1、尝试填写以下空缺的固定循环地址。

地址	地址的意义
<u>P</u>	孔底位置延时时间的指定(忽略小数点以下)、 在 G75 的刀具半径补偿编号
<u>Q</u>	在 G73,G83 中指定每次的切入量、 在 G76, G87 中指定移位量(增量值)、 在 G75 的外圆圆的半径
R	R 点位置(绝对值或是增量值)的指定
F	通过切削进给指定进给速度(非同期攻丝)或是、Z 轴螺距数(同期攻丝)
<u>L</u>	固定循环重复次数的指定 0~9999 「0」设定不执行。
I,J,K	在 G76,G87 中移位量的指定(增量值) (在参数的设定中, 以 Q 地址指定移位量。)
S	主轴转速指令 (注 1)同期攻丝时忽略" $S_n=*****$ "型的 S 指令。(n:主轴编号、*****:转速) (注 2)同期攻丝模式中指定 S 指令时、发生程序错误(P186)。
<u>S</u>	返回时的主轴转速
<u>R</u>	同期式/非同期式攻丝循环的选择 (省略时服从参数设定。)
M	M 功能指定 (注)正攻丝的非同期攻丝时、通过 Mm1 指令基本的主轴正转、 主轴反转时一定要「主轴正转+1」, 否则进行错误的动作。
,I	定位轴就位宽度
,J	钻孔轴就位宽度

第 14 章

1、工件坐标系是以要加工的工件基准点为原点, 用于简化工件上编程的坐标系 (判断)

答: 正确

2、为安全起见, 使用 G92 设定坐标系时候, 在使用其他坐标系之前, 需要返回参考点 (判断)

答: 正确

第 15 章

1、变量包含局部变量和公共变量 (判断)

答: 正确

2、曲面类模具加工编程主要使用宏程序 (判断)

答: 错误

第 16 章

1、高速高精度功能综合了高速度及高精度控制 (判断)

答: 正确

2、SSS 通过使用大范围的路径信息, 预测最佳的速度进行速度控制 (判断)

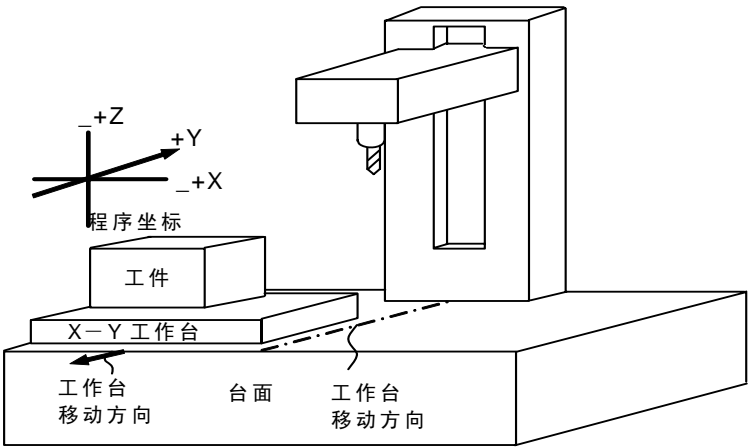
答: 正确

第 17 章（测试题）

题型：选择（含多选）、判断、填空、简答

填空

（1）请根据笛卡尔坐标系的标准,在下图中标明 X、Z 轴的正负方向（填空）



（2）G55 是__A__坐标系（选择）

A、工件坐标系

B、机械坐标系

（3）在 M 系中，G92 可以设定坐标系，若要恢复原始的机床坐标系，需要返回机床参考点（判断）

答：正确

（4）根据下图，分别用 G90,G91 编写 P1-P2-P3 的移动程序。（简答）

答：

1、G90 方式：

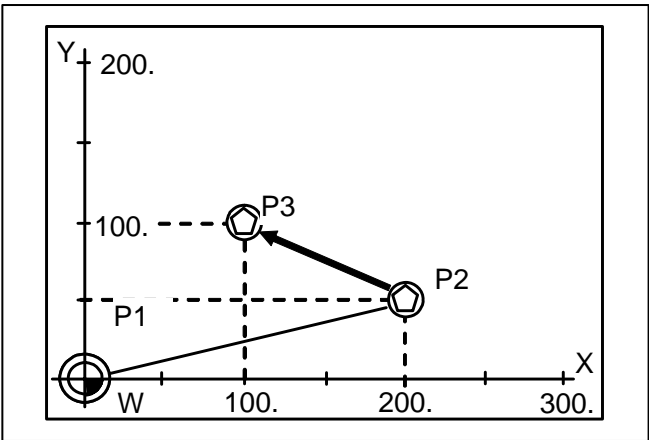
G90G1X200.Y50.F100;

X100.Y100.

2、G91 方式

G91G1X200.Y50.F100.

X-100.Y50.



（5）公英制通过 G20,G21 转换，后可以直接运行之前的程序（判断）

答：错误

（6）说明 G02 移动指令中，各字母地址的意义(简答)：

G02(G03) Xx Yy Zz Ii Jj Kk Ff;

G02(G03) Xx Yy Zz Rr Ff;

Xx Yy Zz:

I: X 轴起点到圆心的向量值_____

J: Y 轴起点到圆心的向量值_____

K: Z 轴起点到圆心的向量值_____

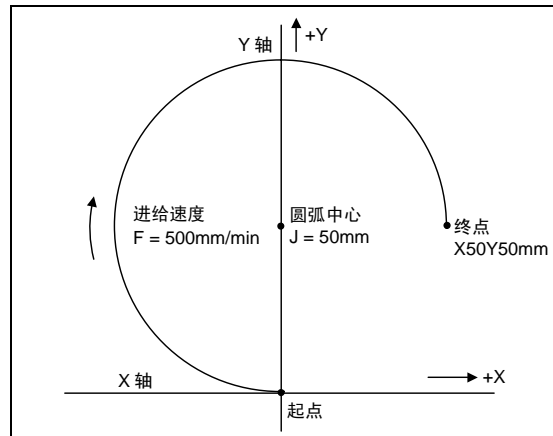
F: 切削进给速度_____

（7）下图为 3/4 圆弧，请使用增量编程方式编写该路径的程序（简答）：

19. 参考答案

答:

G91 G02 X50.Y50.I0.J50.F500;
或 G91 G02 X50.Y50.R-50.F500;



(8) 简述以下两组 G33 指令的区别 (简答):

G33 Zz Xx Yy Ff Qq;

G33 Zz Xx Yy Ee Qq;

答: G33 Zz Xx Yy Ff Qq; 为固定导程螺纹切削

G33 Zz Xx Yy Ee Qq; 为英制螺纹切削

(9) 圆筒插补在车床系和铣床系都可以使用 (判断)

答: 正确

(10) G94 是非同期进给模式, G95 是同期进给模式 (判断)

答: 正确

(11) 简述反比例进给控制的优劣 (简答):

答: 反比例控制可以保证加工面的线速度恒定, 适用于简单的程序, 对于复杂程序, 例如模具, 实用性不强。

(12) 简述 G09/G61 的作用 (简答):

答: 精确定位停止检查功能, G09 为非模态 G 代码, G61 为模态 G 代码。

(13) 简述 M00 和 M01 的作用 (简答):

答: M00 与 M01 一样都用于程序暂停, 当程序运行到 M00 单节时, 程序暂停。

在操作面板上有一 M01 开关, 当该开关打开的时候, 程序遇到 M01 单节即暂停, 若该开关关闭, 即使遇到 M01 也不会暂停。

(14) 说明 M98 指令中, 各字母地址的意义 (简答):

M98 Pp Hh Ll Dd;

p 子程序号

h 顺序号

l 调用次数

d 装置号

(15) 简述 G96 在车床系里的作用 (简答):

答: 恒线速度切削控制

(16) 简述刀具长度补偿和半径补偿的作用 (简答):

答:

长度补偿, 是指对长短不同的刀具进行的补偿, 是刀具轴心方向的补偿。

半径补偿，是指对半径大小不一样的刀具进行的补偿，是刀具径向的补偿。

(17) 简述 G8△(G7△)固定循环指令中，各字母地址的意义（简答）：

G8△(G7△) Xx Yy Zz Rr Qq Pp Ff Ll Ss,Ss,li ,Jj;

S 固定循环下刀速度

.S 固定循环返回速度

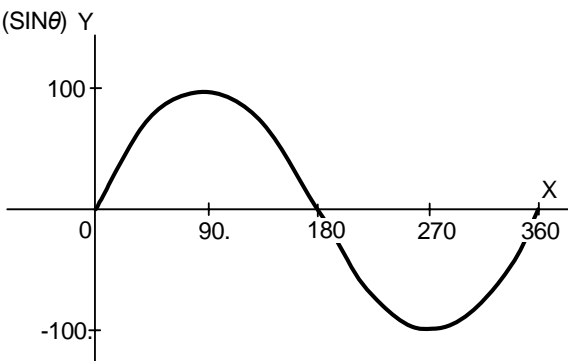
(18) 简述 G98,G99 的作用（简答）：

答：调用子程序

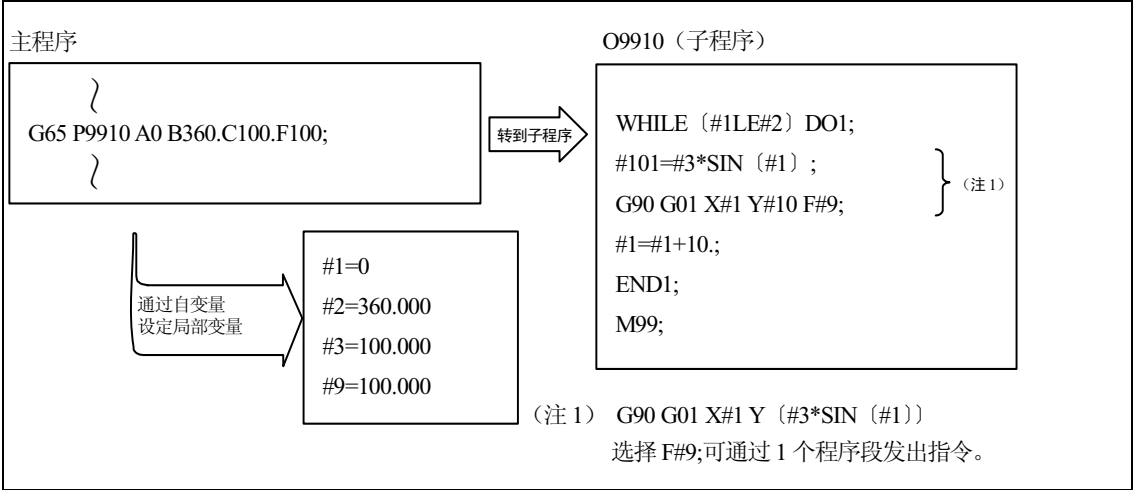
(19) 列举常见的坐标系（简答）：

答：机床坐标系、工件坐标系

(20) 用宏程序编写下图曲线的路径（简答）：



答：



20. 参考书目

70070 系列 编程说明书(M 系)

70070 系列 编程说明书(L 系)

M700V M70V 系列 编程说明书(L)