

世纪星车削数控装置

HNC-21T

编程说明书



武汉华中数控股份有限公司

2001 年 8 月

目 录

第一章 概述	1
1.1 数控编程概述.....	1
1.1.1 定义零件程序.....	1
1.1.2 准备零件程序.....	1
1.2 数控机床概述.....	2
1.2.1 机床坐标轴.....	2
1.2.2 机床坐标系、机床零点和机床参考点	3
1.2.3 工件坐标系、程序原点和对刀点	4
第二章 零件程序的结构	5
2.1 指令字的格式.....	5
2.2 程序段的格式.....	6
2.3 程序的一般结构.....	6
第三章 HNC-21T 的编程指令体系	7
3.1 辅助功能 M 代码	7
3.1.1 CNC 内定的辅助功能.....	8
(1) 程序暂停 M00	8
(2) 程序结束 M02	8
(3) 程序结束并返回到零件程序头 M30.....	8
(4) 子程序调用 M98 及从子程序返回 M99	8
3.1.2 PLC 设定的辅助功能	9
(1) 主轴控制指令 M03、M04、M05	9
(2) 换刀指令 M06	9
(3) 冷却液打开、停止指令 M07、M09	9
3.2 主轴功能 S、进给功能 F 和刀具功能 T	9
3.2.1 主轴功能 S	9
3.2.2 进给速度 F	10
3.2.3 刀具功能(T 机能).....	10
3.3 准备功能 G 代码.....	10
3.3.1 有关单位的设定.....	12
(1) 尺寸单位选择 G20, G21	12

(2) 进给速度单位的设定 G94、G95	13
3.3.2 有关坐标系和坐标的指令	13
(1) 绝对值编程 G90 与相对值编程 G91	13
(2) 工件坐标系设定 G92	14
(3) 零点偏置 G54~G59	14
(4) 局部坐标系设定 G52	15
(5) 直径方式和半径方式编程	16
3.3.3 进给控制指令	16
(1) 快速定位 G00	16
(2) 线性进给及倒角 G01	17
(3) 圆弧进给 G02/G03	19
(4) 螺纹切削 G32	20
3.3.4 回参考点控制指令	22
(1) 自动返回参考点 G28	22
(2) 自动从参考点返回 G29	22
3.3.5 刀具补偿功能指令	23
(1) 刀具偏置补偿和刀具磨损补偿	23
(2) 刀具的几何补偿	24
(3) 刀尖半径补偿 G40, G41, G42	26
3.3.6 暂停指令 G04	28
3.3.7 简单循环	28
(1) 内（外）径切削循环 G80	28
(2) 端面切削循环 G81	30
(3) 螺纹切削循环 G82	31
3.3.8 复合循环	33
(1) 内（外）径粗车复合循环 G71	33
(2) 端面粗车复合循环 G72	34
(3) 闭环车削复合循环 G73	37
(4) 螺纹切削复合循环 G76	39
(5) 复合循环指令注意事项	41
3.4 宏指令编程	41
3.4.1 宏变量及常量	41

(1) 宏变量.....	41
(2) 常量	44
3.4.2 运算符与表达式.....	44
(1) 算术运算符:	44
(2) 条件运算符.....	44
(3) 逻辑运算符.....	44
(4) 函数	44
(5) 表达式.....	44
3.4.3 赋值语句.....	45
3.4.4 条件判别语句 IF, ELSE, ENDIF	45
3.4.5 循环语句 WHILE, ENDW	45
附表 1 准备功能一览表	47
附录 1 HNC-21T 车削循环宏程序.....	49
(1) 车削循环指令的实现及子程序调用的参数传递.....	49
(2) 车削循环指令的宏程序实现	53

第一章 概述

本章的目的是对本说明书中提到的一些基本概念进行解释。

1.1 数控编程概述

1.1.1 定义零件程序

零件程序是由数控装置专用编程语言书写的一系列指令组成的（应用得最广泛的是 ISO 码：国际标准化组织规定的代码）。]

数控装置将零件程序转化为对机床的控制动作。

最常使用的程序存储介质是穿孔纸带和磁盘。

1.1.2 准备零件程序

如图 1.1.1 所示，可以用传统的方法手工编制一个零件程序，也可以用一套 CAD/CAM 系统（如目前流行的 MasterCAM 系统）来创建一个零件程序。

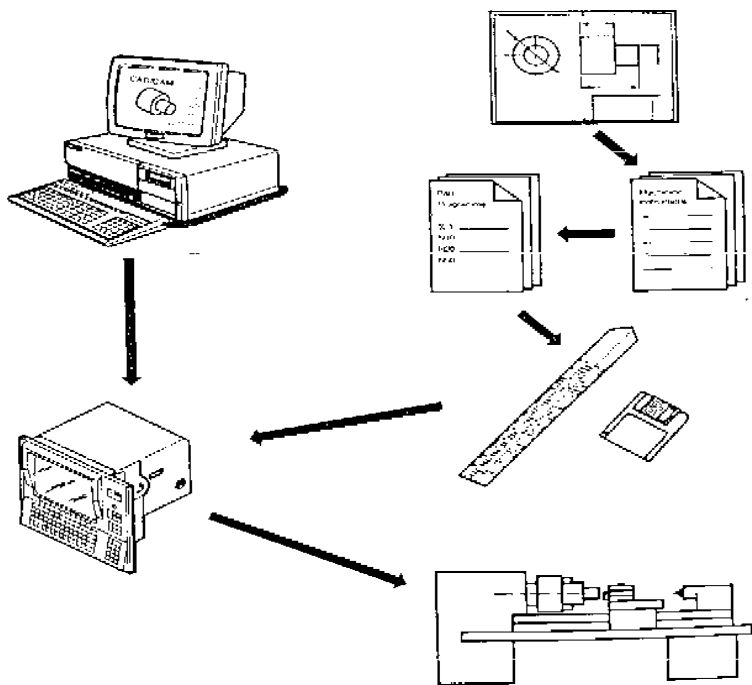


图 1.1.1 准备一个零件程序

1.2 数控机床概述

1.2.1 机床坐标轴

为简化编程和保证程序的通用性，对数控机床的坐标轴和方向命名制订了统一的标准，规定直线进给坐标轴用 X , Y , Z 表示，常称基本坐标轴。 X , Y , Z 坐标轴的相互关系用右手定则决定，如图 1.2.1 所示，图中大姆指的指向为 X 轴的正方向，食指指向为 Y 轴的正方向，中指指向为 Z 轴的正方向。

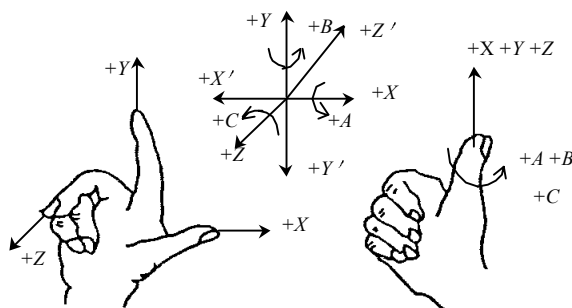


图 1.2.1 机床坐标轴

围绕 X , Y , Z 轴旋转的圆周进给坐标轴分别用 A , B , C 表示，根据右手螺旋定则，如图所示，以大姆指指向 $+X$, $+Y$, $+Z$ 方向，则食指、中指等的指向是圆周进给运动的 $+A$, $+B$, $+C$ 方向。

数控机床的进给运动，有的由主轴带动刀具运动来实现，有的由工作台带着工件运动来实现。上述坐标轴正方向，是假定工件不动，刀具相对于工件做进给运动的方向。如果是工件移动则用加“'”的字母表示，按相对运动的关系，工件运动的正方向恰好与刀具运动的正方向相反，即有：

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

同样两者运动的负方向也彼此相反。

机床坐标轴的方向取决于机床的类型和各组成部分的布局，对车床而言：

—— Z 轴与主轴轴线重合，沿着 Z 轴正方向移动将增大零件和刀具间的距离；

- X 轴垂直于 Z 轴，对应于转塔刀架的径向移动，沿着 X 轴正方向移动将增大零件和刀具间的距离；
- Y 轴(通常是虚设的)与 X 轴和 Z 轴一起构成遵循右手定则的坐标系统。

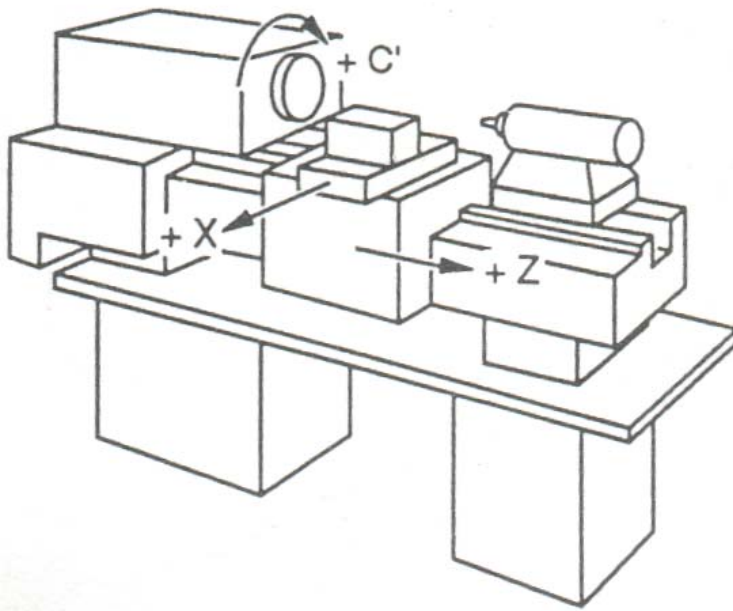


图 1.2.2 车床坐标轴及其方向

1.2.2 机床坐标系、机床零点和机床参考点

机床坐标系是机床固有的坐标系，机床坐标系的原点称为机床原点或机床零点。在机床经过设计、制造和调整 after，这个原点便被确定下来，它是固定的点。

数控装置上电时并不知道机床零点，为了正确地在机床工作时建立机床坐标系，通常在每个坐标轴的移动范围内设置一个机床参考点（测量起点），机床起动时，通常要进行机动或手动回参考点，以建立机床坐标系。

机床参考点可以与机床零点重合，也可以不重合，通过参数指定机床参考点到机床零点的距离。

机床回到了参考点位置，也就知道了该坐标轴的零点位置，找到所有坐标轴的参考点，CNC 就建立起了机床坐标系。

机床坐标轴的机械行程是由最大和最小限位开关来限定的。

机床坐标轴的有效行程范围是由软件限位来界定的，其值由制造商定义。机床零点 (OM)、机床参考点 (Om)、机床坐标轴的机械行程及有效行程的关系如图 1.2.3 所示。

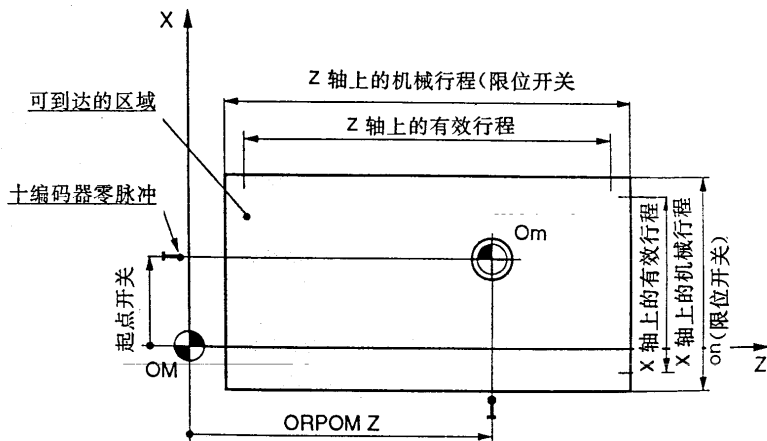


图 1.2.3 机床零点 OM 和机床参考点 Om

1.2.3 工件坐标系、程序原点和对刀点

工件坐标系是编程人员在编程时使用的，编程人员选择工件上的某一已知点为原点（也称程序原点），建立一个新的坐标系，称为工件坐标系。工件坐标系一旦建立便一直有效，直到被新的工件坐标系所取代。

工件坐标系的原点选择要尽量满足编程简单，尺寸换算少，引起的加工误差小等条件。一般情况下，以坐标式尺寸标注的零件，程序原点应选在尺寸标注的基准点；对称零件或以同心圆为主的零件，程序原点应选在对称中心线或圆心上。

对刀点是零件程序加工的起始点，对刀的目的是确定程序原点在机床坐标系中的位置，对刀点可与程序原点重合，也可在任何便于对刀之处，但该点与程序原点之间必须有确定的坐标联系。

可以通过 CNC 将相对于程序原点的任意点的坐标转换为相对于机床零点的坐标。

加工开始时要设置工件坐标系，用 G92 指令可建立工件坐标系；用 G54~G59 指令可选择工件坐标系。

第二章 零件程序的结构

一个零件程序是一组被传送到数控装置中去的指令和数据。

一个零件程序是由遵循一定结构、句法和格式规则的若干个程序段组成的，而每个程序段是由若干个指令字组成的。如图 2.1 所示。

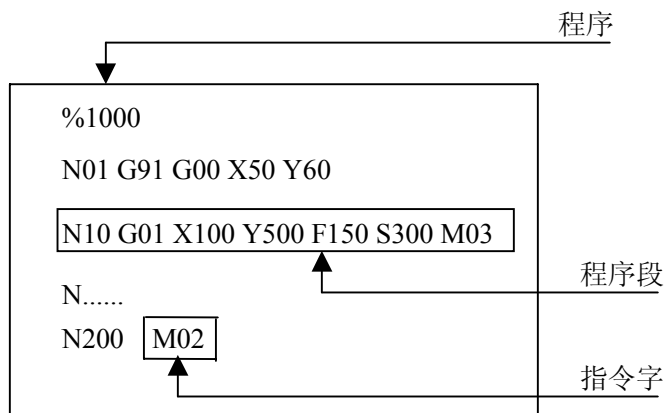


图 2.1 程序的结构

2.1 指令字的格式

一个指令字是由地址符(指令字符)和带符号（如定义尺寸的字母）或不带符号（如准备功能字 G 代码）的数字数据组成的。

程序段中不同的指令字符及其后续数值确定了每个指令字的含义。在数控程序段中包含的主要指令字符如表 2.1 所示。

表 2.1 指令字符一览表

机 能	地 址	意 义
零件程序号	%	程序编号：%1~4294967295
程序段号	N	程序段编号：N0~4294967295
准备机能	G	指令动作方式(直线、圆弧等) G00-99
尺寸字	X, Y, Z A, B, C U, V, W	坐标轴的移动命令±99999.999
	R	圆弧的半径，固定循环的参数
	I, J, K	圆心相对于起点的坐标，固定循环的参数
进给速度	F	进给速度的指定 F0~24000

主轴机能	S	主轴旋转速度的指定	S0~9999
刀具机能	T	刀具编号的指定	T0~99
辅助机能	M	机床侧开/关控制的指定	M0~99
补偿号	D	刀具半径补偿号的指定	00~99
暂停	P, X	暂停时间的指定	秒
程序号的指定	P	子程序号的指定	P1~4294967295
重复次数	L	子程序的重复次数, 固定循环的重复次数	
参数	P, Q, R, U, W, I, K, C, A	车削复合循环参数	
倒角控制	C, R		

2.2 程序段的格式

一个程序段定义一个将由数控装置执行的指令行。

程序段的格式定义了每个程序段中功能字的句法, 如图 2.2.1 所示。

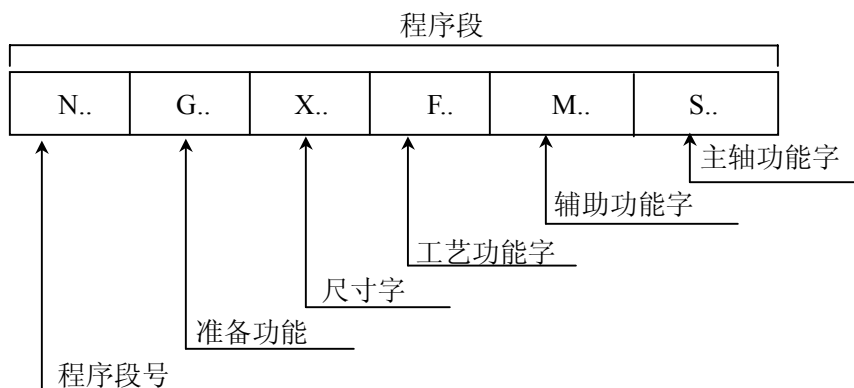


图 2.2.1 程序段格式

2.3 程序的一般结构

一个零件程序必须包括起始符和结束符。

一个零件程序是按程序段的输入顺序执行的, 而不是按程序段号的顺序执行的, 但书写程序时, 建议按升序书写程序段号。

华中世纪星数控装置 HNC-21T 的程序结构:

程序起始符: %(或 O)符, %(或 O)后跟程序号

程序结束: M02 或 M30。

注释符: 括号()内或分号; 后的内容为注释文字

第三章 HNC-21T 的编程指令体系

3.1 辅助功能 M 代码

辅助功能由地址字 M 和其后的一或两位数字组成，主要用于控制零件程序的走向，以及机床各种辅助功能的开关动作。

M 功能有**非模态 M 功能**和**模态 M 功能**二种形式。

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

模态 M 功能组中包含一个缺省功能（见表 3.1），系统上电时将被初始化为该功能。

另外，M 功能还可分为**前作用 M 功能**和**后作用 M 功能**二类。

- 前作用 M 功能：在程序段编制的轴运动之前执行；
- 后作用 M 功能：在程序段编制的轴运动之后执行。

华中世纪星 HNC-21T 数控装置 M 指令功能如表 3.1 所示(►标记者为缺省值)：

表 3.1 M 代码及功能

代 码	模 态	功 能 说 明	代 码	模 态	功 能 说 明
M00	非模态	程序停止	M03	模态	主轴正转起动
M02	非模态	程序结束	M04	模态	主轴反转起动
M30	非模态	程序结束并返回程序起点	M05	模态	► 主轴停止转动
			M06	非模态	换刀
M98	非模态	调用子程序	M07	模态	切削液打开
M99	非模态	子程序结束	M09	模态	► 切削液停止

其中：

- M00、M02、M30、M98、M99 用于控制零件程序的走向，是 CNC 内定的辅助功能，不由机床制造商设计决定，也就是说，与 PLC 程序无关；
- 其余 M 代码用于机床各种辅助功能的开关动作，其功能不由 CNC 内定，而是由 PLC 程序指定，所以有可能因机

床制造厂不同而有差异(表内为标准 PLC 指定的功能), 请使用者参考机床说明书。

3.1.1 CNC 内定的辅助功能

(1) 程序暂停 M00

当 CNC 执行到 M00 指令时, 将暂停执行当前程序, 以方便操作者进行刀具和工件的尺寸测量、工件调头、手动变速等操作。

暂停时, 机床的主轴、进给及冷却液停止, 而全部现存的模态信息保持不变, 欲继续执行后续程序, 重按操作面板上的“循环启动”键。

M00 为非模态后作用 M 功能。

(2) 程序结束 M02

M02 编在主程序的最后一个程序段中。

当 CNC 执行到 M02 指令时, 机床的主轴、进给、冷却液全部停止, 加工结束。

使用 M02 的程序结束后, 若要重新执行该程序, 就得重新调用该程序, 或在自动加工子菜单下, 按 F4 键 (请参考 HNC-21T 操作说明书), 然后再按操作面板上的“循环启动”键。

M02 为非模态后作用 M 功能。。

(3) 程序结束并返回到零件程序头 M30

M30 和 M02 功能基本相同, 只是 M30 指令还兼有控制返回到零件程序头(%)的作用。

使用 M30 的程序结束后, 若要重新执行该程序, 只需再次按操作面板上的“循环启动”键。

(4) 子程序调用 M98 及从子程序返回 M99

M98 用来调用子程序。

M99 表示子程序结束, 执行 M99 使控制返回到主程序。

(i) 子程序的格式

%****

.....

M99

在子程序开头, 必须规定子程序号, 以作为调用入口地址。

在子程序的结尾用 M99，以控制执行完该子程序后返回主程序。

(ii) 调用子程序的格式

M98 P_L_

P: 被调用的子程序号

L: 重复调用次数

注: 可以带参数调用子程序, 请参考附录 1。

G65 指令的功能和参数与 M98 相同。

3.1.2 PLC 设定的辅助功能

(1) 主轴控制指令 M03、M04、M05

M03 启动主轴以程序中编制的主轴速度顺时针方向（从 Z 轴正向朝 Z 轴负向看）旋转。

M04 启动主轴以程序中编制的主轴速度逆时针方向旋转。

M05 使主轴停止旋转。

M03、M04 为模态前作用 M 功能; M05 为模态后作用 M 功能, M05 为缺省功能。

M03、M04、M05 可相互注销。

(2) 换刀指令 M06

M06 用于车削过程中的换刀操作。

执行 M06, 转塔刀架将旋转, 由 T 代码指定的刀具被选择。

M06 为非模态后作用 M 功能。

(3) 冷却液打开、停止指令 M07、M09

M07 指令将打开冷却液管道。

M09 指令将关闭冷却液管道。

M07 为模态前作用 M 功能; M09 为模态后作用 M 功能, M09 为缺省功能。

3.2 主轴功能 S、进给功能 F 和刀具功能 T

3.2.1 主轴功能 S

主轴功能 S 控制主轴转速, 其后的数值表示主轴速度, 单位为转/每分钟(r/min)。

S 是模态指令, S 功能只有在主轴速度可调节时有效。

S所编程的主轴转速可以借助机床控制面板上的主轴倍率开关进行修调。

3.2.2 进给速度 F

F 指令表示工件被加工时刀具相对于工件的合成进给速度，F 的单位取决于 G94(每分钟进给量 mm/min)或 G95(主轴每转一转刀具的进给量 mm/r)。

使用下式可以实现每转进给量与每分钟进给量的转化。

$$f_m = f_r \times S$$

f_m : 每分钟的进给量: (mm/min)

f_r : 每转进给量: (mm/r)

S: 主轴转数, (r/min)

当工作在 G01, G02 或 G03 方式下, 编程的 F 一直有效, 直到被新的 F 值所取代, 而工作在 G00 方式下, 快速定位的速度是各轴的最高速度, 与所编 F 无关。

借助机床控制面板上的倍率按键, F 可在一定范围内进行倍率修调。当执行攻丝循环 G76、G82, 螺纹切削 G32 时, 倍率开关失效, 进给倍率固定在 100%。

[注] 当使用每转进给量方式时, 必须在主轴上安装一个位置编码器。

3.2.3 刀具功能(T 机能)

T 代码用于选刀, 其后的 4 位数字分别表示选择的刀具号和刀具补偿号。T 代码与刀具的关系是由机床制造厂规定的, 请参考机床厂家的说明书。

执行 T 指令, 转动转塔刀架, 选用指定的刀具。

当一个程序段同时包含 T 代码与刀具移动指令时: 先执行 T 代码指令, 而后执行刀具移动指令。

T 指令同时调入刀补寄存器中的补偿值。

刀具补偿功能将在 3.3.5 节详述。

3.3 准备功能 G 代码

准备功能 G 指令由 G 后一或二位数值组成, 它用来规定刀具和工件的相对运动轨迹、机床坐标系、坐标平面、刀具补偿、坐标偏置等多种加工操作。

G 功能有**非模态 G 功能**和**模态 G 功能**之分。

- **非模态 G 功能**：只在所规定的程序段中有效，程序段结束时被注销；
- **模态 G 功能**：一组可相互注销的 G 功能，这些功能一旦被执行，则一直有效，直到被同一组的 G 功能注销为止。

模态 G 功能组中包含一个缺省 G 功能，上电时将被初始化为该功能。

没有共同参数的不同组 G 代码可以放在同一程序段中，而且与顺序无关。例如，G90、G17 可与 G01 放在同一程序段。

华中世纪星 HNC-21T 数控装置 G 功能指令见表 3.2。

表 3.2 准备功能一览表

G 代码	组	功能	参数（后续地址字）
G00	01	快速定位	X, Z
▶ G01		直线插补	同上
G02		顺圆插补	X, Z, I, K, R
G03		逆圆插补	同上
G04	00	暂停	P
G20	08	英寸输入	
▶ G21		毫米输入	
G28	00	返回到参考点	X, Z
G29		由参考点返回	同上
G32	01	螺纹切削	X, Z, R, E, P, F
▶ G40	09	刀尖半径补偿取消	
G41		左刀补	
G42		右刀补	
G52	00	局部坐标系设定	X, Z
▶ G54	11	零点偏置	
G55			
G56			
G57			
G58			
G59			

G65		宏指令简单调用	P, A~Z
G71	06	外径/内径车削复合循环	X, Z, U, W, C, P, Q, R, E
G72		端面车削复合循环	
G73		闭环车削复合循环	
G76		螺纹切削复合循环	
G80	01	内/外径车削固定循环	X, Z, I, K C, P, R, E
G81		端面车削固定循环	
G82		螺纹切削固定循环	
▶ G90	13	绝对值编程	
G91		增量值编程	
G92	00	工件坐标系设定	X, Z
▶ G94	14	每分钟进给	
G95		每转进给	

注意:

[1] 00 组中的 G 代码是非模态的, 其他组的 G 代码是模态的;

[2] ▶ 标记者为缺省值。

3.3.1 有关单位的设定

(1) 尺寸单位选择 G20, G21

格式: G20

G21

说明:

G20: 英制输入制式;

G21: 公制输入制式;

两种制式下线性轴、旋转轴的尺寸单位如表 3.3 所示。

G20、G21 为模态功能, 可相互注销, G21 为缺省值。

表 3.3 尺寸输入制式及其单位

	线性轴	旋转轴
英制(G20)	英寸	度
公制(G21)	毫米	度

(2) 进给速度单位的设定 G94、G95

格式： G94 [F_];

G95 [F_];

说明：

G94：每分钟进给；

G95：每转进给。

G94 为每分钟进给。对于线性轴，F 的单位依 G20/G21 的设定而为 mm/min 或 in/min；对于旋转轴，F 的单位为度/min。

G95 为每转进给，即主轴转一周时刀具的进给量。F 的单位依 G20/G21 的设定而为 mm/r 或 in/r。这个功能只在主轴装有编码器时才能使用。

G94、G95 为模态功能，可相互注销，G94 为缺省值。

3.3.2 有关坐标系和坐标的指令

(1) 绝对值编程 G90 与相对值编程 G91

格式： G90

G91

说明：

G90：绝对值编程，每个编程坐标轴上的编程值是相对于程序原点的。

G91：相对值编程，每个编程坐标轴上的编程值是相对于前一位置而言的，该值等于沿轴移动的距离。

G90、G91 为模态功能，可相互注销，G90 为缺省值。

例 1. 如图 3.3.1 所示，使用 G90、G91 编程：要求刀具由原点按顺序移动到 1、2、3 点。

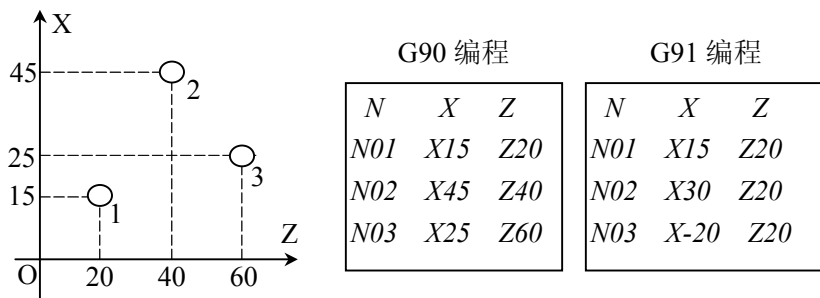


图 3.3.1 G90/G91 编程

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

G90、G91 可用于同一程序段中，但要注意其顺序所造成的差异。

(2) 工件坐标系设定 G92

格式：G92 X_Z_

说明：

X、Z：设定的工件坐标系原点到刀具起点的有向距离。

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

例 2. 使用 G92 编程，建立如图 3.3.2 所示的工件坐标系。

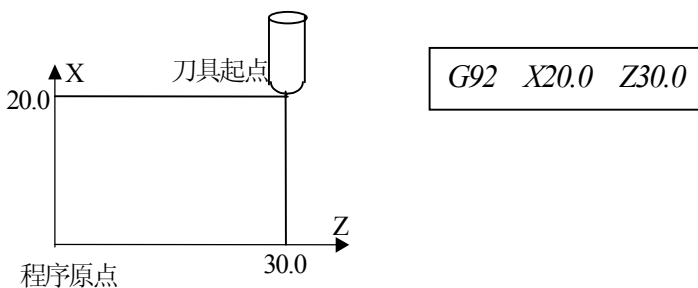


图 3.3.2 工件坐标系的建立

执行此程序段只建立工件坐标系，刀具并不产生运动。

G92 指令为非模态指令，一般放在一个零件程序的第一段。

(3) 零点偏置 G54~G59

格式：

$$\left\{ \begin{array}{l} G54 \\ G55 \\ G56 \\ G57 \\ G58 \\ G59 \end{array} \right.$$

说明：

G54~G59 是系统预定的 6 个工件坐标系(如图 3.3.3)，可根据需要任意选用。

这 6 个预定工件坐标系的原点在机床坐标系中的值(工件零点偏置值)可用 MDI 方式输入，系统自动记忆。

工件坐标系一旦选定，后续程序段中绝对值编程时的指令值均为相对此工件坐标系原点的值。

G54~G59 为模态功能，可相互注销，G54 为缺省值。

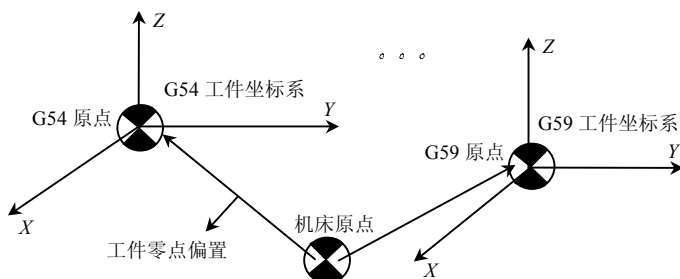


图 3.3.3 工件坐标系选择(G54~G59)

例 3. 如图 3.3.4 所示，使用工件坐标系编程：要求刀具从当前点移动到 A 点，再从 A 点移动到 B 点。

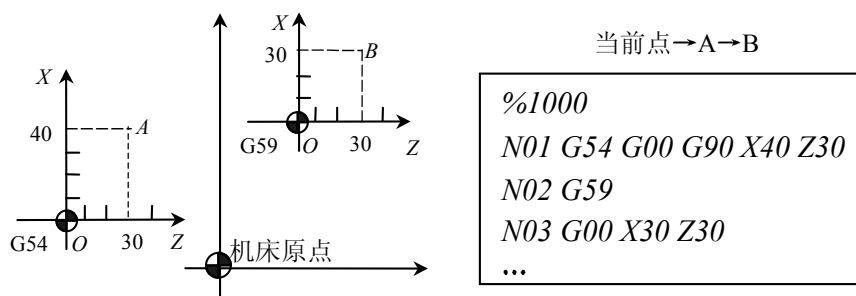


图 3.3.4 使用工件坐标系编程

注意：

使用该组指令前，先用 MDI 方式输入各坐标系的坐标原点在机床坐标系中的坐标值。

(4) 局部坐标系设定 G52

格式：G52 X_Z_

说明：

X、Z：局部坐标系原点在当前工件坐标系中的坐标值。

G52 指令能在所有的工件坐标系(G92、G54~G59)内形成子坐标系, 如图 3.3.5。

含有 G52 指令的程序段中, 绝对值编程方式的指令值就是在该局部坐标系中的坐标值。

设定局部坐标系后, 工件坐标系和机床坐标系保持不变。

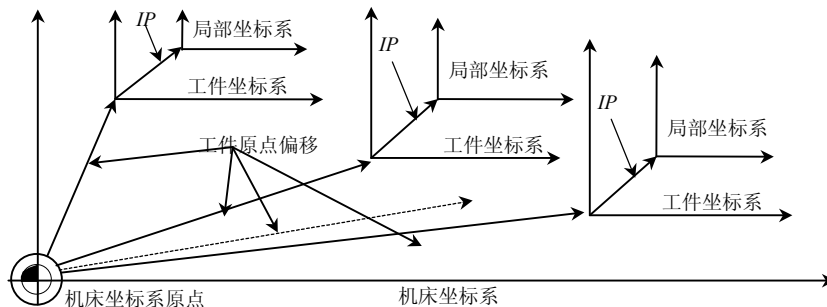


图 3.3.5 局部坐标系的设定 G52

G52 指令为非模态指令。

(5) 直径方式和半径方式编程

声明: 直径方式和半径方式编程不是由 G 代码规定的准备功能, 但在后面的 G 代码编程示例中经常会用到, 故在此处提及。

数控车床的工件外形通常是旋转体, 其 X 轴尺寸可以用两种方式加以指定: 直径方式和半径方式。

例如: 直径编程时: G91 X-100.00 是指刀具在 X 向进给 50 毫米; G90 X100 是指刀具在 X 向进给至 $\phi 100\text{mm}$ 处。

注意:

- (1) 直径方式编程或半径方式编程是通过设置机床参数来选定的;
- (2) 当 X 轴使用直径方式编程时, 应注意圆弧的半径定义 R, I, K 以半径值标明;
- (3) 如不特殊声明, 后述编程示例采用半径方式编程。

3.3.3 进给控制指令

(1) 快速定位 G00

格式: G00 X_Z_

说明:

X、Z: 快速定位终点, 在 G90 时为终点在工件坐标系中

的坐标；在 G91 时为终点相对于起点的位移量。

G00 指令刀具相对于工件以各轴预先设定的速度，从当前位置快速移动到程序段指令的定位目标点。

G00 指令中的快移速度由机床参数“快移进给速度”对各轴分别设定，不能用 F__规定。

G00 一般用于加工前快速定位或加工后快速退刀。

快移速度可由面板上的快速修调旋钮修正。

G00 为模态功能，可由 G01、G02、G03 或 G33 功能注销。

注意：

在执行 G00 指令时，由于各轴以各自速度移动，不能保证各轴同时到达终点，因而联动直线轴的合成轨迹不一定是直线。操作者必须格外小心，以免刀具与工件发生碰撞。常见的做法是，将 X 轴移动到安全位置，再放心地执行 G00 指令。

例 4. 如图 3.3.6 所示，使用 G00 编程：要求刀具从 A 点快速定位到 B 点。

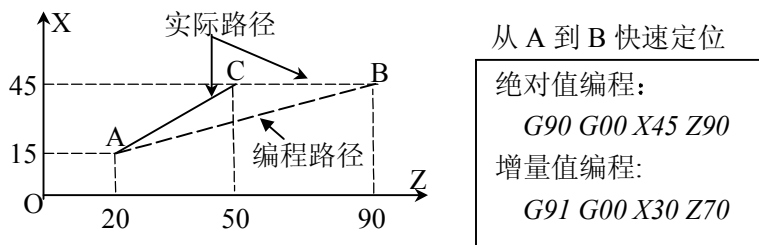


图 3.3.6 G00 编程

当 X 轴和 Y 轴的快进速度相同时，从 A 点到 B 点的快速定位路线为 A→C→B，即以折线的方式到达 B 点，而不是以直线方式从 A→B。

(2) 线性进给及倒角 G01

★ 线性进给

格式： G01 X_Z_F_；

说明：

X、Z：线性进给终点，在 G90 时为终点在工件坐标系中的坐标；在 G91 时为终点相对于起点的位移量；

F_：合成进给速度。

G01 指令刀具以联动的方式，按 F 规定的合成进给速度，从当前位置按线性路线(联动直线轴的合成轨迹为直线)移动到程序段指令的终点。

G01 是模态代码，可由 G00、G02、G03 或 G33 功能注销。

例 5. 如图 3.3.7 所示，使用 G01 编程：要求从 A 点线性进给到 B 点（此时的进给路线是从 A→B 的直线）。

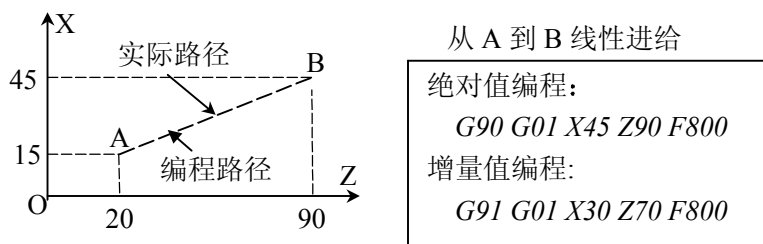


图 3.3.7 G01 编程

★倒角

倒角控制机能可以在两相邻轨迹程序段之间插入直线倒角或圆弧倒角。

在指定直线插补(G01)或圆弧插补(G02, G03)的程序段尾，

- ◆ 输入 C__，便插入倒角程序段；
- ◆ 输入 R__，便插入倒圆程序段。

C 后的数值表示倒角起点和终点距假想拐角交点的距离，R 后的值表示倒角圆弧的半径。

假想拐角交点是未倒角前两相邻轨迹程序段的交点。

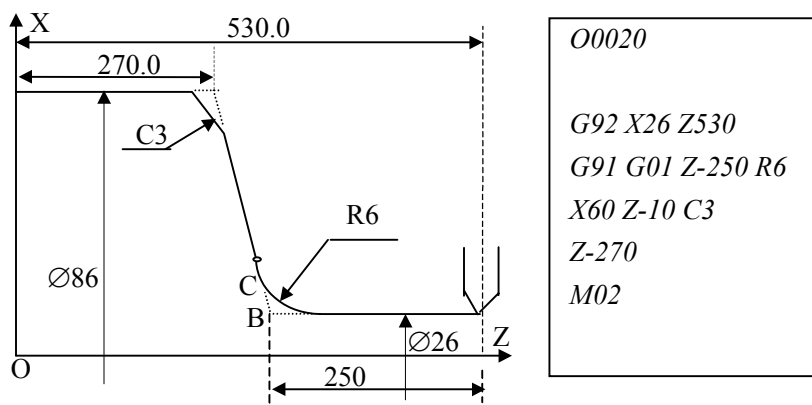


图 3.3.8 倒角控制

例 6. 如图 3.3.8 所示, 使用 G01 编程: 要求在两相邻轨迹程序段间分别插入直线倒角和园弧倒角。

注意:

- (1) 第二直线段必须由点 B 而不是由点 C 开始, 在增量坐标编程方式下, 需指定从点 B 开始移动的距离;
- (2) 在螺纹切削程序段中不得出现倒角控制指令;
- (3) X, Z 轴指定的移动量比指定的 R 或 C 小时, 系统将报警。

(3) 圆弧进给 G02/G03

格式: $\left\{ \begin{matrix} G02 \\ G03 \end{matrix} \right\} X_Z_ \left\{ \begin{matrix} I_K_ \\ R_ \end{matrix} \right\} F_$

说明:

G02: 顺时针圆弧插补(如图 3.3.9 所示);

G03: 逆时针圆弧插补(如图 3.3.9 所示);

X, Z: 圆弧终点, 在 G90 时为圆弧终点在工件坐标系中的坐标; 在 G91 时为圆弧终点相对于圆弧起点的位移量;

I, K: 圆心相对于圆弧起点的偏移值(等于圆心的坐标减去圆弧起点的坐标, 如图 3.3.10 所示), 在 G90/G91 时都是以增量方式指定;

R: 圆弧半径, 当圆弧圆心角小于 180° 时, R 为正值, 否则 R 为负值

F: 被编程的两个轴的合成进给速度。

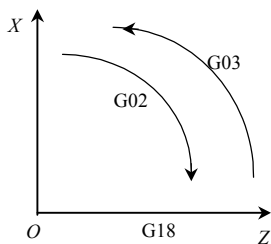


图 3.3.9 G02 与 G03 选择

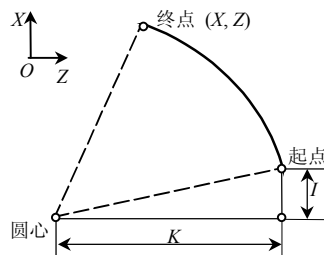


图 3.3.10 I、J、K 的选择

例 6 使用 G02 对图 3.3.11(a)所示劣弧 a 和优弧 b 编程。

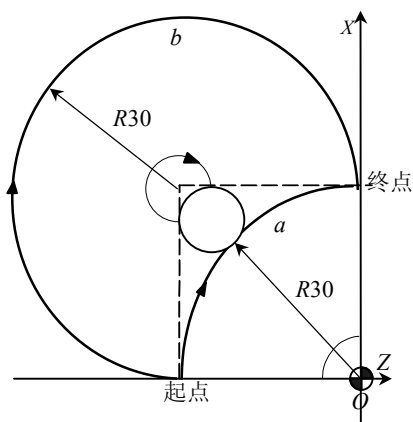


图 3.3.11(a) 圆弧编程

圆弧编程的 4 种方法组合

(i) 圆弧 a

*G91 G02 X30 Z30 R30 F300**G91 G02 X30 Z30 I0 K30 F300**G90 G02 X30 Z0 R30 F300**G90 G02 X30 Z0 I0 K30 F300*

(ii) 圆弧 b

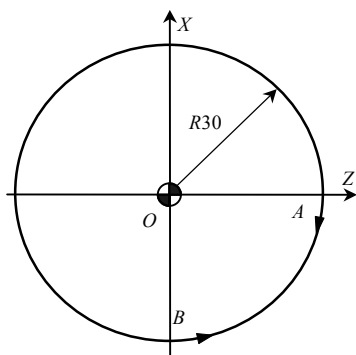
*G91 G02 X30 Z30 R-30 F300**G91 G02 X30 Z30 I30 K0 F300**G90 G02 X30 Z0 R-30 F300**G90 G02 X30 Z0 I30 K0 F300***例 7** 使用 G02/G03 对图 3.3.11(b)所示的整圆编程。

图 3.3.11(b) 整圆编程

i) 从 A 点顺时针一周时

*G90 G02 X0 Z30 I0 K-30 F300**G91 G02 X0 Z0 I0 K-30 F300*

(ii) 从 B 点逆时针一周时

*G90 G03 X-30 Z0 I30 K0 F300**G91 G03 X0 Z0 I30 K0 F300***注意：**

- (1) 顺时针或逆时针是从垂直于圆弧所在平面的坐标轴的正方向看到的回转方向；
- (2) 整圆编程时不可以使用 R，只能用 I、J、K；
- (3) 同时编入 R 与 I、J、K 时，R 有效。

(4) 螺纹切削 G32

格式：G32 X__Z__R__E__P__F__

说明：

X, Z: 螺纹终点，在 G90 时为螺纹终点在工件坐标系中的坐标；在 G91 时为螺纹终点相对于螺纹起点的位移量；

F : 螺纹导程, 即主轴每转一圈, 刀具相对于工件的进给值;

R, E : 螺纹切削的退尾量, R 为绝对值, 表示 Z 向回退量; E 为 X 向回退量, E 为正表示沿 X 正向回退, 为负表示沿 X 负向回退。使用 R, E 可免去退刀槽。 R, E 可以省略, 表示不用回退功能;

P : 主轴基准脉冲处距离螺纹切削起始点的主轴转角。

使用 G32 指令能加工圆柱螺纹、锥螺纹和端面螺纹。图 3.3.12 所示为锥螺纹切削时各参数的意义。

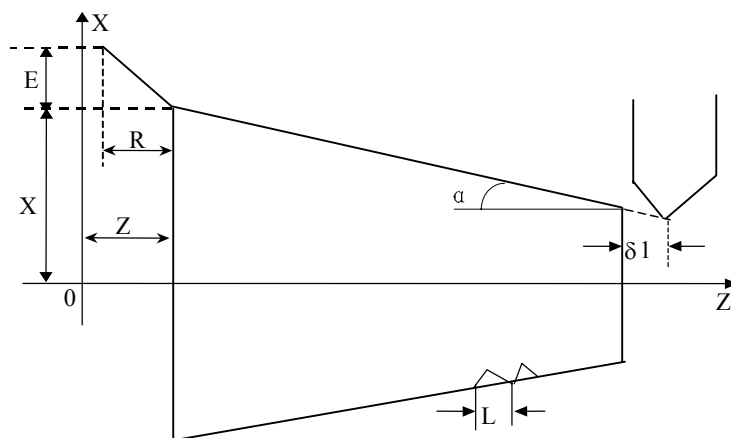


图 3.3.12 螺纹切削参数

在切削螺纹的开始和结束处都留有一定长度 $\delta 1$ 和 $\delta 2$ 。

注意:

- (1) 在螺纹切削过程中进给修调无效;
- (2) 在没有停止主轴的情况下, 停止螺纹的切削是非常危险的, 因此螺纹切削时进给保持功能无效, 如果按下进给保持按键, 刀具在加工完螺纹后停止运动;
- (3) 螺纹的粗加工和精加工都是沿同一刀具轨迹重复进行的, 从粗加工到精加工, 主轴的转速必须保持恒定。否则, 螺纹的导程就将发生改变。

例 8 对图 3.3.13 所示的圆柱螺纹编程。设螺纹导程 $F=0.4\text{inch}$, $\delta 1=0.3\text{inch}$; $\delta 2=0.15\text{inch}$, 切削深度 0.1inch , 两次切完。英制、直径编程。

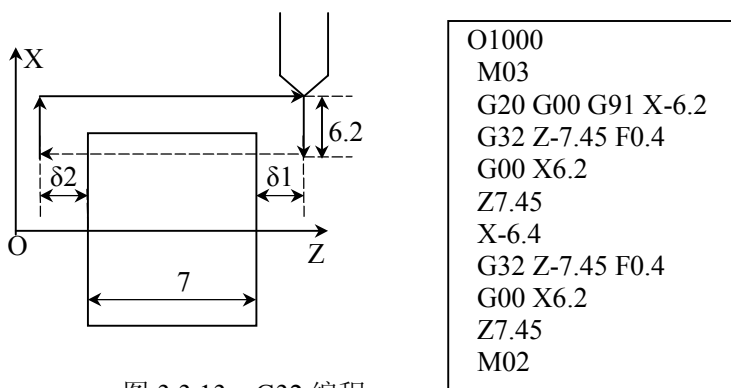


图 3.3.13 G32 编程

3.3.4 回参考点控制指令

(1) 自动返回参考点 G28

格式: G28 X_Z_

说明:

X、Z: 回参考点时经过的中间点（非参考点），在 G90 时为中间点在工件坐标系中的坐标；在 G91 时为中间点相对于起点的位移量。

G28 指令首先使所有的编程轴都快速定位到中间点，然后再从中间点返回到参考点。

一般，G28 指令用于刀具自动更换或者消除机械误差，在执行该指令之前应取消刀尖半径补偿。

在 G28 的程序段中不仅产生坐标轴移动指令，而且记忆了中间点坐标值，以供 G29 使用。

电源接通后，在没有手动返回参考点的状态下，指定 G28 时，从中间点自动返回参考点，与手动返回参考点相同。这时从中间点到参考点的方向就是机床参数“回参考点方向”设定的方向。

G28 指令仅在其被规定的程序段中有效。

(2) 自动从参考点返回 G29

格式: G29 X_Z_

说明:

X、Z: 返回的定位终点，在 G90 时为定位终点在工件坐

标系中的坐标；在 G91 时为定位终点相对于 G28 中间点的位移量。

G29 可使所有编程轴以快速进给经过由 G28 指令定义的中间点，然后再到达指定点。通常该指令紧跟在 G28 指令之后。

G29 指令仅在其被规定的程序段中有效。

例 10：用 G28、G29 对图 3.3.14 所示的路径编程：要求由 A 经过中间点 B 并返回参考点，然后从参考点经由中间点 B 返回到 C。

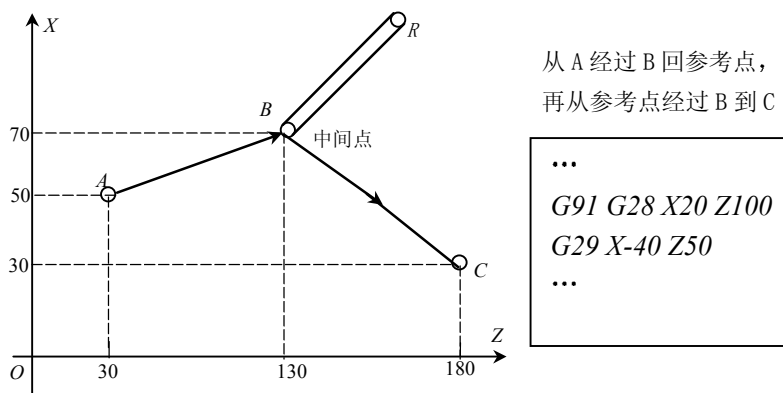


图 3.3.14 G28/G29 编程

本例表明，程序员不必计算从中间点到参考点的实际距离。

3.3.5 刀具补偿功能指令

刀具的补偿包括刀具的偏置和磨损补偿，刀具的几何补偿以及刀尖半径补偿。其中前两种补偿只能有一种有效，由车削系统参数之〔几何补偿〕选择。请参考“世纪星车床数控装置操作说明书”之附录 2。

声明：刀具的偏置和磨损补偿，刀具的几何补偿是由 T 代码指定的功能，而不是由 G 代码规定的准备功能，但为了方便用户阅读，保持整个说明书的系统性和连贯性，改在此处描述。

(1) 刀具偏置补偿和刀具磨损补偿

如图 3.3.15 所示，在编程时，一般是以一把标准刀具的刀尖位置 A 为依据建立工件坐标系。这样，当其它刀位转到加工位置时，刀尖位置 B 就会出现偏置，原来建立的工件坐标系就不再适用，此外，每把刀具在使用过程中还会出现不同程度的磨损。因

此应对实际刀具与编程的标准刀具之间的偏置值和磨损值进行补偿。

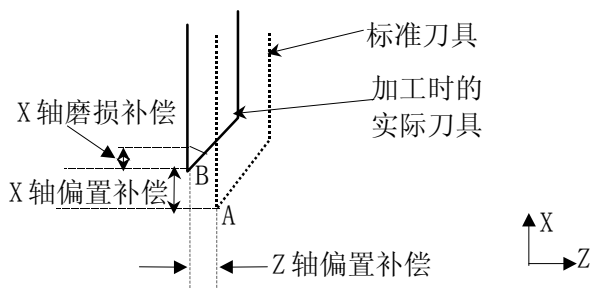


图 3.3.15 刀具的偏置和磨损补偿

(2) 刀具的几何补偿

由于车床的控制点为刀架转台的中心点(标准点)，在编程时，不管是按刀具中心轨迹编程还是按理想刀具头(刀尖圆弧外侧 X、Z 向两切线的交点)编程，任何刀具的编程点和标准点之间都存在 X、Z 向补偿量，称为刀具的几何补偿量，如图 3.3.16 所示。

华中世纪型数控系统按理想刀具头编程。

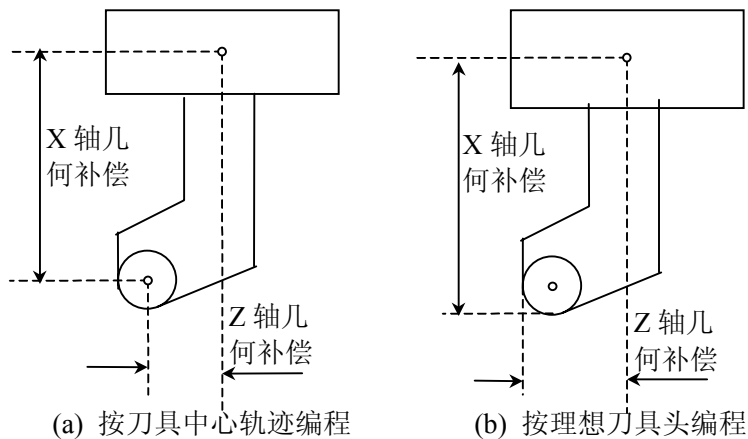


图 3.3.16 刀具的几何补偿

刀具的补偿功能由 T 代码指定，其后的 4 位数字分别表示选择的刀具号和刀具补偿号。T 代码的说明如下：

TXX	+	XX
刀具号		刀具补偿号

补偿号是刀补寄存器的地址号，该寄存器存放有刀具的 X 轴和 Z 轴几何补偿值、刀具的 X 轴和 Z 轴偏置补偿值、刀具的 X 轴和 Z 轴磨损补偿值、刀具的刀尖半径补偿值以及刀尖位置码。

T 加补偿号表示开始补偿功能。补偿号为 0 或 00 表示补偿量为 0，即取消补偿功能。

补偿号可以和刀具号相同，也可以不同，即一把刀具可以对应多个补偿号（值）。

如图 3.3.17 所示，如果刀具轨迹相对编程轨迹具有 X、Z 方向上补偿值(由 X，Z 方向上的补偿分量构成的矢量称为补偿矢量)，那么程序段中的终点位置加或减去由 T 代码指定的补偿量(补偿矢量)即为刀具轨迹段终点位置。

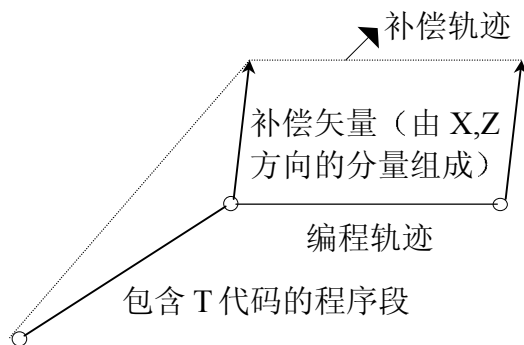


图 3.3.17 经几何 (或偏置磨损)补偿后的刀具轨迹

例 11 如图 3.3.18，先建立刀具几何(或偏置磨损)补偿，后取消刀具几何(或偏置磨损)补偿。

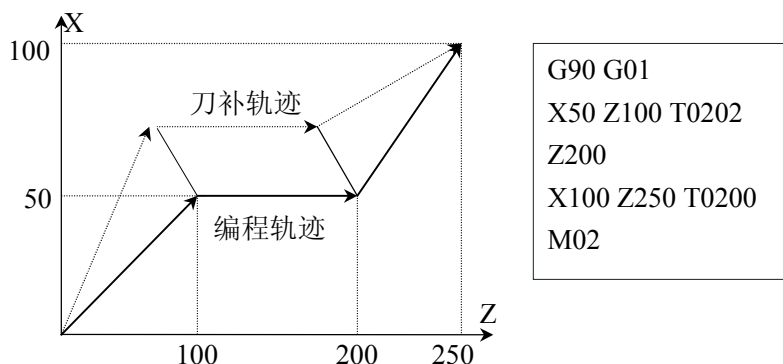


图 3.3.18 刀具几何磨损补偿编程

(3) 刀尖半径补偿 G40, G41, G42

格式: $\begin{Bmatrix} G40 \\ G41 \\ G42 \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} G00 \\ G01 \end{Bmatrix} X_Z_$

说明:

G40: 取消刀尖半径补偿;

G41: 左刀补(在刀具前进方向左侧补偿), 如图 3.3.19;

G42: 右刀补(在刀具前进方向右侧补偿), 如图 3.3.19;

X, Z: G00/G01 的参数, 即建立刀补或取消刀补的终点。

G40、G41、G42 都是模态代码, 可相互注销。

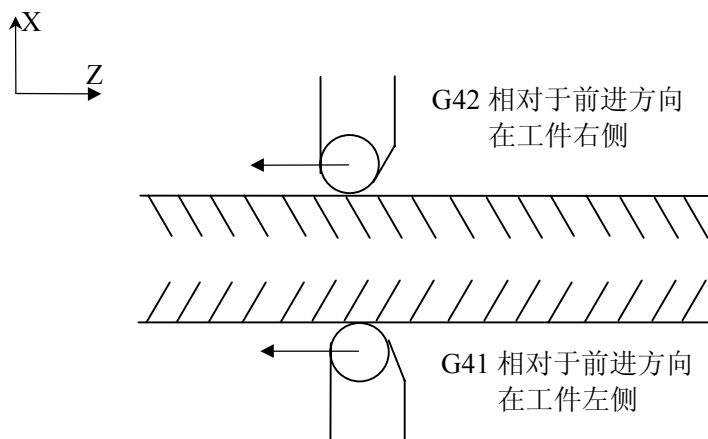


图 3.3.19 左刀补和右刀补

注意:

- (1) G41/G42 不带参数, 其补偿号(代表所用刀具对应的刀尖半径补偿值)由 T 代码指定。
- (2) 刀尖半径补偿的建立与取消只能用 G00 或 G01 指令, 不得是 G02 或 G03。

车床的刀具可以多方向安装, 并且刀具的刀尖也有多种形式, 为使数控装置知道刀具的安装情况, 以便准确地进行刀尖半径补偿, 定义了车刀刀尖的位置码。

车刀刀尖的位置码表示理想刀具头与刀尖圆弧中心的位置关系, 如图 3.3.20 所示。

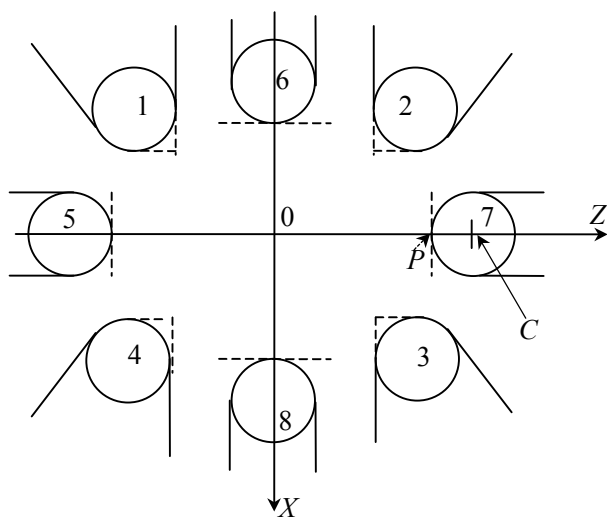


图 3.3.20 车刀刀尖位置码定义

例 12: 考虑刀尖半径补偿, 编制图 3.3.21 所示零件的加工程序: 要求建立如图所示的工件坐标系, 按箭头所指示的路径进行加工。

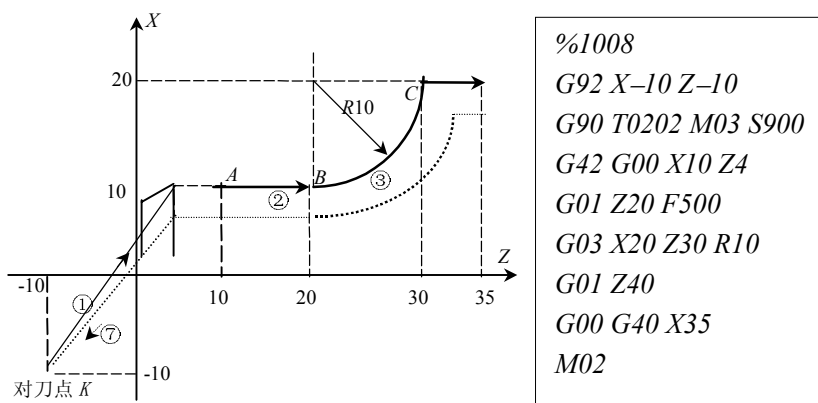


图 3.3.21 刀尖半径补偿编程

注意:

- (1) 加工前应先用手动方式对刀, 将刀具移动到相对于编程原点 $(-10, -10)$ 的对刀点处;
- (2) 图中带箭头的实线为编程轮廓, 不带箭头的虚线为刀尖中

心的实际路线。

3.3.6 暂停指令 G04

格式: G04 P_

说明:

P: 暂停时间, 单位为 s。

G04 在前一程序段的进给速度降到零之后才开始暂停动作。

在执行含 G04 指令的程序段时, 先执行暂停功能。

G04 为非模态指令, 仅在其被规定的程序段中有效。

G04 可使刀具作短暂停留, 以获得圆整而光滑的表面。该指令除用于切槽、钻镗孔外, 还可用于拐角轨迹控制。

3.3.7 简单循环

有三类简单循环, 分别是

G80: 内(外)径切削循环;

G81: 端面切削循环;

G82: 螺纹切削循环。

切削循环通常是用一个含 G 代码的程序段完成用多个程序段指令的加工操作, 使程序得以简化。

声明: 下述图形中 U, W 表示相对坐标值 (G91 方式);

X, Z 表示绝对坐标值 (G90 方式);

R 表示快速移动;

F 表示以指定速度 F 移动。

(1) 内(外)径切削循环 G80

★ 圆柱面内(外)径切削循环

格式: G80 X__Z__F__;

说明:

X、Z: 绝对值编程时, 为切削终点 C 在工件坐标系下的坐标;

增量值编程时, 为切削终点 C 相对于循环起点 A 的有向距离, 其符号由轨迹 1 和 2 的方向确定。

该指令执行如图 3.3.22 所示 A→B→C→D→A 的轨迹动作。

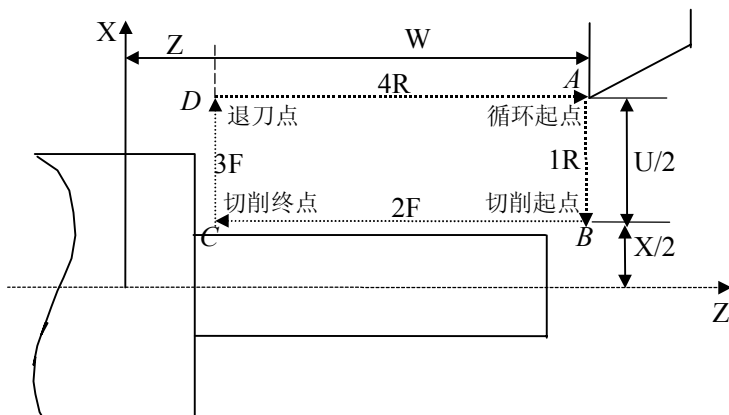


图3.3.22 圆柱面内（外）径切削循环

例 13：编制图 3.3.23 所示零件的加工程序：要求采用直径方式编程，按箭头所指示的路径进行加工。

```

O0002;
N030  G80 G91 X-8.00 Z-66.000 F40.0;
N031  X-16.0  Z-66.0;
N032  X-24.0  Z-66.0;
N033  X-32.0  Z-66.0;
M02;

```

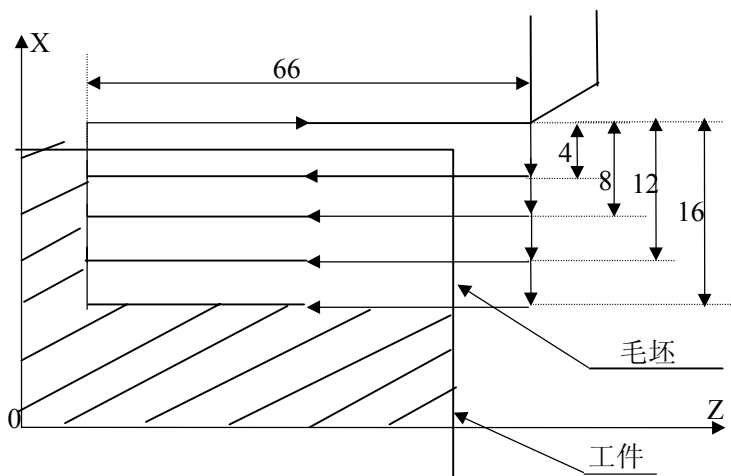


图3.3.23 内(外)径切削循环编程示例

★ 圆锥面内（外）径切削循环

格式： G80 X__Z__I__F__;

说明:

X 、 Z : 绝对值编程时, 为切削终点 C 在工件坐标系下的坐标;

增量值编程时, 为切削终点 C 相对于循环起点 A 的有向距离。

I : 为切削起点 B 与切削终点 C 的半径差。其符号为差的符号(无论是绝对值编程还是增量值编程)。

该指令执行如图 3.3.24 所示 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ 的轨迹动作。

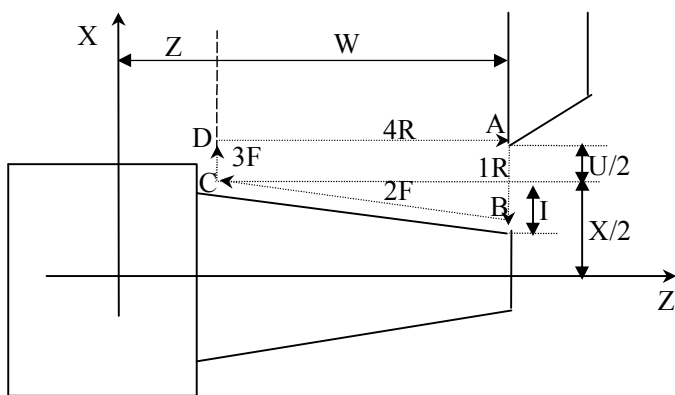


图3.3.24 圆锥面内（外）径切削循环

(2) 端面切削循环 G81

★ 端平面切削循环

格式: G81 $X_Z_F_$;

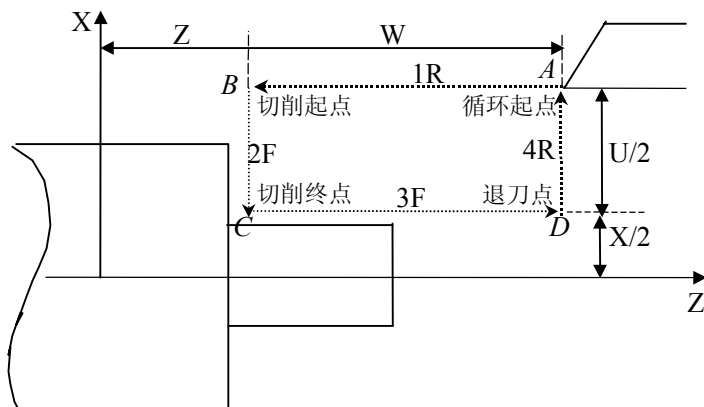


图3.3.25 端平面切削循环

说明:

X 、 Z : 绝对值编程时, 为切削终点 C 在工件坐标系下的坐标;

增量值编程时, 为切削终点 C 相对于循环起点 A 的有向距离, 其符号由轨迹 1 和 2 的方向确定。

该指令执行如图 3.3.25 所示 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ 的轨迹动作。

★ 圆锥端面切削循环

格式: $G81\ X_Z_K_F_;$

说明:

X 、 Z : 绝对值编程时, 为切削终点 C 在工件坐标系下的坐标;

增量值编程时, 为切削终点 C 相对于循环起点 A 的有向距离。

K : 为切削起点 B 相对于切削终点 C 的 Z 向有向距离。

该指令执行如图 3.3.26 所示 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ 的轨迹动作。

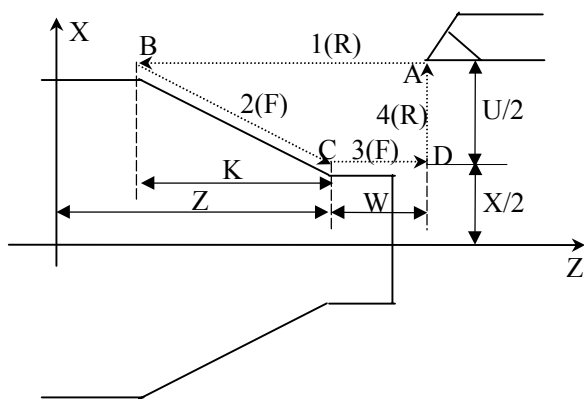


图3.3.26 圆锥端面切削循环

(3) 螺纹切削循环 G82

★ 直螺纹切削循环

格式: $G82\ X_Z_R_E_C_P_F_;$

说明:

X 、 Z : 绝对值编程时, 为螺纹终点 C 在工件坐标系下的坐标;

增量值编程时，为螺纹终点 C 相对于循环起点 A 的有向距离，其符号由轨迹 1 和 2 的方向确定；

F: 螺纹导程；

R, E: 螺纹切削的退尾量，R、E 均为绝对值，R 为 Z 向回退量；E 为 X 向回退量，R、E 可以省略，表示不用回退功能；

C: 多头螺纹切削时的螺纹头数，为 0 时切削单头螺纹；

P: 单头螺纹切削时，为主轴基准脉冲处距离切削起始点的主轴转角；多头螺纹切削时，为相邻螺纹头的切削起始点之间对应的主轴转角。

该指令执行图 3.3.27 所示 A→B→C→D→E→A 的轨迹动作。

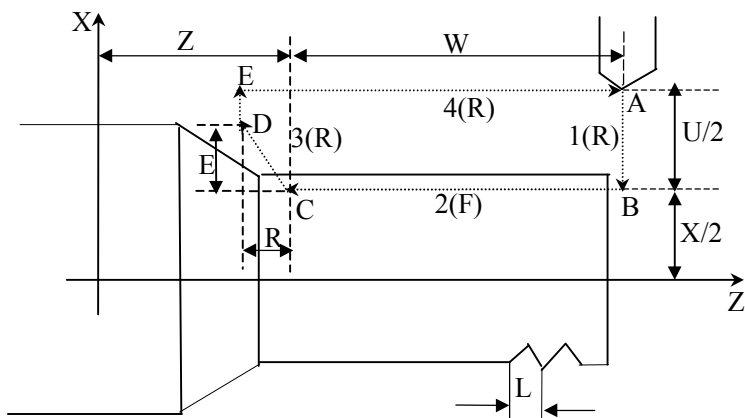


图3.3.27 直螺纹切削循环

注意：

螺纹切削循环同 G32 螺纹切削一样，在进给保持状态下，该循环在完成全部动作之后才停止运动。

★ 锥螺纹切削循环

格式：G82 X__Z__I__R__E__C__P__F__；

说明：

X、Z: 绝对值编程时，为螺纹终点 C 在工件坐标系下的坐标；

增量值编程时，为螺纹终点 C 相对于循环起点 A

的有向距离。

I : 为螺纹起点 B 与螺纹终点 C 的半径差。其符号为差的符号(无论是绝对值编程还是增量值编程);

F : 螺纹导程;

R, E : 螺纹切削的退尾量, R, E 均为绝对值, R 为 Z 向回退量; E 为 X 向回退量, R, E 可以省略, 表示不用回退功能;

C : 多头螺纹切削时的螺纹头数, 为 0 时切削单头螺纹;

P : 单头螺纹切削时, 为主轴基准脉冲处距离切削起始点的主轴转角; 多头螺纹切削时, 为相邻螺纹头的切削起始点之间对应的主轴转角。

该指令执行图 3.3.28 所示 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ 的轨迹动作。

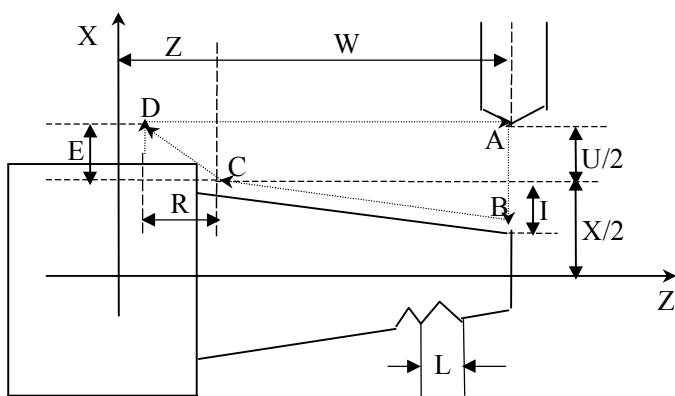


图3.3.28 锥螺纹切削循环

3.3.8 复合循环

有四类复合循环, 分别是

G71: 内(外)径粗车复合循环;

G72: 端面粗车复合循环;

G73: 封闭轮廓复合循环

G76: 螺纹切削复合循环。

运用这组复合循环指令, 只需指定精加工路线和粗加工的吃刀量, 系统会自动计算粗加工路线和走刀次数。

(1) 内(外)径粗车复合循环 G71

格式: