

数控车床基本操作（FANUC 0-TD系统）与安全生产

项目要点

(1) FANUC 0-TD 系统的数控机床概述、坐标系统、编程指令、辅助功能；

(2) FANUC 系统数控车床设置工件零点的方法、FANUC 0-TD 系统数控车床的基本操作；

(3) 数控机床的安全文明生产、数控机床的操作规程和日常维护保养。

训练目标

(1) 了解 FANUC 0-TD 系统数控车床的结构特点、控制面板和操作面板的功能；

(2) 掌握 FANUC 0-TD 系统数控车床的程序输入方法和操作方法；

(3) 学会正确进行对刀、刀具补偿和工件首件试切削。

数控车床是将事先编好的程序输入机床专用的计算机中，由计算机指挥机床各坐标轴的伺服电动机去控制车床各运动部件的先后次序、运动速度和移动量，并与选定的主轴转速相配合，车出各种形状不同工件的设备。目前我国普遍使用的是经济型数控车床，这种数控车床由普通车床主体、伺服系统和计算机数控装置 3 大部分组成。

任务 1.1 FANUC 0-TD 系统的数控车床编程指令

这里以 FANUC 0-TD 型数控系统的 CYNC-400P 型数控车床为例，介绍数控车床的操作、安全文明生产。

数控车床加工时的横向、纵向等进给量都是以坐标数据来进行控制的，CYNC-400P 型数控车床属于两坐标控制，在编程前必须确定坐标系和程序的原点，通常把程序原点确定为便于编程和加工的点。

1.1.1 坐标原点与坐标轴的确定

1. 起点

起点即刀具起始点,是程序启动时刀具的开始位置,为使刀尖正确地定位,可进行刀具偏置补偿。

2. 参考点

参考点是刀具在起点经过刀补后的刀尖位置。

3. 坐标原点

坐标原点即工件坐标系原点。

4. 机械原点

机械原点为机床上的固定基准点。

5. Z 坐标

标准规定,机床传递切削力的主轴轴线为 Z 坐标,以平行于机床主轴的刀具运动坐标为 Z 轴,Z 轴正方向是使刀具远离工件的方向。

6. X 坐标

对于数控车床,视刀架前后放置方式不同,其 X 正向亦不相同,但都是由轴心沿径向朝外的,X 坐标一般是水平的,平行于装夹平面,对于工件旋转的数控车床,X 坐标的方向在工件的径向上,CYNC-400P 型数控车床采用前置式刀架,其坐标轴如图 1-1 所示。

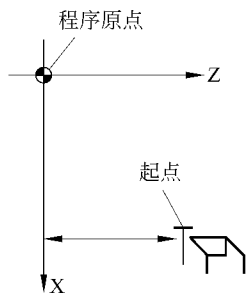


图 1-1 坐标轴的确定

7. 机床坐标系

机床坐标系不能直接用来供用户编程,它是帮助机床生产厂家确定机床参考点(零点)的,机床参考点由厂家设定后,用户不得随意改变,否则会影响机床的精度,这个坐标系用一个固定的机床的点作为其原点,在执行返回原点操作时,机床移动到此机床原点。

8. 绝对坐标系

建立绝对坐标系,它的原点可以设置在任意位置,而它的原点以机床坐标值显示。

9. 相对坐标系

相对坐标系把当前的机床位置当作原点,在需要以相对值指定机床位置时使用。

1.1.2 设定坐标系

编程时首先要设定坐标系。程序原点与刀具起点之间的关系构成坐标系;这个关系应当随着程序的执行输入给数控机床,FANUC 0-TD 型数控系统用 G50 命令来设定工件坐

标系,在切削进程开始时,刀具应当在指定的位置,由于设置原点的过程已经完成,工件坐标系和刀具起始位置就确定了,换刀也在这个被叫为起点的位置操作。

1. 绝对坐标编程

FANUC 0-TD 型数控车床有两个控制轴,有两种编程方法:绝对坐标编程和增量坐标编程。在使用绝对坐标编程时,X 坐标值和 Z 坐标值指定了刀具运动终点的坐标值,如图 1-2 所示。

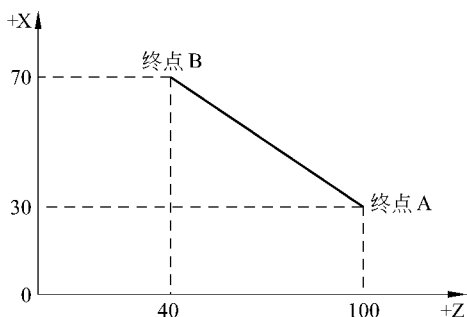


图 1-2 绝对坐标编程与增量坐标编程

2. 增量坐标编程

它表示程序中的尺寸字为增量坐标值,即刀具运动的终点相对于起点的坐标值增量,对于 X 轴和 Z 轴寻址所要求的增量指令是 U 和 W,此外,在一个指令中既可以是绝对坐标编程,又可以是增量坐标编程。

(1) 绝对坐标程序

```
X70 Z40;
```

(2) 增量坐标程序

```
U40 W-60;
```

(3) 混合坐标程序

```
X70 W-60;
```

3. 直径编程

数控车床加工的是回转体类零件,其横截面为圆形,所以 X 坐标尺寸有直径指定和半径指定两种方法。当用直径编程时,称为直径编程法,数控车床出厂时一般设定为直径编程。本书以后,若非特殊说明,均为直径编程。

4. 半径编程

当 X 坐标尺寸用半径编程时,称为半径编程法,如需用半径编程,则要改变系统中相关的设置参数,使系统处于半径编程状态。

1.1.3 G 指令组及其含义

1. 模态指令和非模态指令

模态指令的功能在它被执行后会继续维持,而非模态指令仅仅在收到该命令时起作用。定义移动的指令通常是模态指令,像直线、圆弧和循环指令;反之,像原点返回指令称为非模态指令;其中 00 组的 G 指令称为非模态式 G 指令,它只在被指定的程序段中有效,其余组的 G 指令属于模态式 G 指令。

2. G 指令表(见表 1-1)

表 1-1 G 指令

G 指令	组别	意 义	G 指令	组别	意 义
G00	01	定位(快速移动)	G70	00	精加工循环
G01		直线切削	G71		内外径粗切循环
G02		顺时针切圆弧(顺时针)	G72		台阶粗切循环
G03		逆时针切圆弧(逆时针)	G73		成形重复循环
G04	00	暂停	G74		Z 向步进钻削
G09		停于精确的位置	G75		X 向切槽
G20	06	英制输入	G76		切螺纹循环
G21		公制输入	G80		取消固定循环
G22	04	内部行程限位有效	G83		钻孔循环
G23		内部行程限位无效	G84		攻丝循环
G27	00	检查参考点返回	G85	10	正面镗孔循环
G28		参考点返回	G87	侧面钻孔循环	
G29		从参考点返回	G88	侧面攻丝循环	
G30		回到第二参考点	G89	侧面镗孔循环	
G32	01	切螺纹	G90	01	(内外直径)切削循环
G40	07	取消刀尖半径偏置	G92		切螺纹循环
G41		刀尖半径偏置(左偏)	G94		(台阶)切削循环
G42		刀尖半径偏置(右偏)	G96	12	恒线速度控制
G50	00	修改工件坐标;设置主轴最大速度	G97	恒线速度控制取消	
G52		设置局部坐标系	G98	05	每分钟进给率
G53		选择机床坐标系	G99	每转进给率	

1.1.4 G 指令的格式与功能

1. G00 快速定位指令

G00 X— Z—;

这个指令把刀具从当前位置移动到指令指定的位置(在绝对坐标方式下),或者移动到某个距离处(在增量坐标方式下)。

2. G01 直线插补

G01 X(U)— Z(W)— F—;

直线插补以直线方式和指令给定的移动速率从当前位置移动到命令位置。

其中,X、Z: 要求移动到的位置的绝对坐标值;U、W: 要求移动到的位置的增量坐标值。

(1) 如图 1-3 所示,绝对坐标编程如下:

```

O0001;
N05 G50 X100 Z27;
N10 G00 X16 Z2;
N20 G01 X26 Z-3 F300;
N30 Z-48;
N40 X80 Z-58;
N50 X90 Z-73;
N60 X100;
N70 G00 X100 Z27;
N80 M02;

```

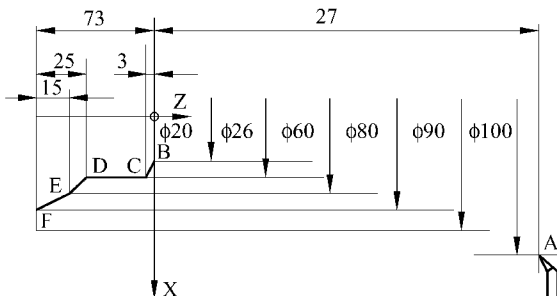


图 1-3 直线插补 G01

(2) 如图 1-3 所示,增量坐标编程如下:

```

O0002;
N05 G50 X100 Z27;
N10 G00 U-84 W-25;
N20 G01 U10 W-5 F300;
N30 W-45;
N40 U34 W-10;
N50 U20 W-15;
N60 U10;
N70 G00 U10 W100;
N80 M02;

```

3. G02/G03 圆弧插补

(1) 形式

G02/G03 形式如下:

G02 (G03) X(U) — Z(W) — I — K — F — ;

G02 (G03) X(U) — Z(W) — R — F — ;

G02——顺时针插补(前置刀架为逆时针插补);

G03——逆时针插补(前置刀架为顺时针插补)。

其中,X、Z: 在坐标系中的终点坐标;U、W: 起点与终点之间的距离;I、K: 从起点到中心点的矢量(半径值);R: 圆弧半径(最大 180°)。

(2) 说明

X、Z 为圆弧终点坐标值(用绝对值坐标或增量坐标即可)。采用相对坐标时,其圆弧终点相对于圆弧起点的增量值,I、K 分别表示圆弧圆心相对于圆弧起点在 X、Z 轴上的投影,I、K 为零时可省略。

用圆弧半径 R 编程时,数控系统为满足插补运算需要,规定当所插补的圆弧小于 180° 时,用正号编制半径程序,而当半径大于 180° 时,用负号编制半径程序。

(3) G02 绝对坐标编程与增量坐标编程

① 绝对坐标编程(如图 1-4 所示,从 A 点到 B 点)。

```
G02 X100 Z90 I5.0 K-5.0 F200;
```

或

```
G02 X100 Z90 R5.0 F200;
```

② 增量坐标编程(如图 1-4 所示,从 A 点到 B 点)。

```
G02 U20 W-30 I5.0 K-5.0 F200;
```

或

```
G02 U20 W-30 R5.0 F200;
```

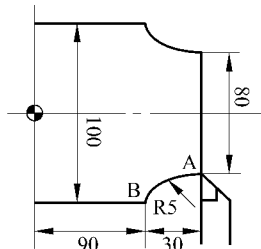


图 1-4 G02 绝对坐标编程与增量坐标编程

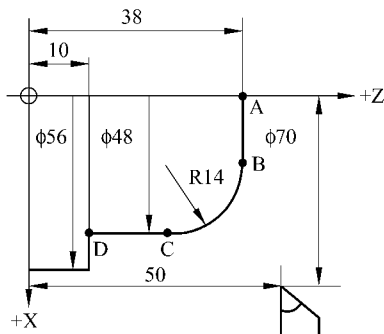


图 1-5 G03 增量坐标编程

(4) G03 绝对坐标编程与增量坐标编程

① 增量坐标编程(如图 1-5 所示,从 A→B→C→D 点)。

```
O0003;
```

```
N10 G00 U-70 W-10;
```

```
N20 G01 W-2 F300;
```

```
N30 U20; (A→B)
```

```
N40 G03 U28 W-14 K-14 (R14); (B→C)
```

```
N50 G01 W-14; (C→D)
```

```
N60 U22;
```

```
N70 G00 W40;
```

```
N80 M02;
```

② 绝对坐标编程(如图 1-6 所示)。

```
O0004;
```

```
N10 G00 X60 Z50;
```

```
N20 G00 X36 Z42;
```

```
N30 G01 Z34 F300; (A→B)
```

```
N40 G03 X36 Z10 I-16 K-12 (或 R20); (B→C)
```

```
N50 G01 Z5;
```

```
N60 G00 X60 Z50;
```

```
N70 M02;
```

4. G32 单段螺纹切削

(1) 格式

```
G32 X(U)—Z(W)—F—;
```

其中, X、Z: 在坐标系中的终点坐标; U、W: 增量坐标; F: 螺纹的螺距。

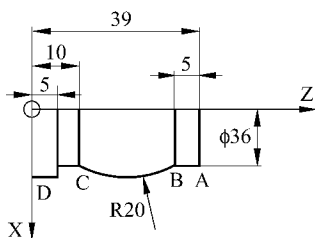


图 1-6 G03 绝对坐标编程

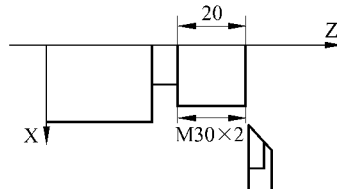


图 1-7 G32 单段螺纹切削编程实例

在编制切螺纹程序时应当带主轴转速均匀控制的功能（用G97指令），并且要考虑螺纹部分的某些特性，在螺纹切削方式下移动速率控制和主轴速率控制功能将被忽略，G32移动进程在完成一个切削循环后就停止了。

(2) G32 单段螺纹切削实例(见图 1-7)

```

O0005;
N10 G00 X29.4 ;第一次单循环切削
N20 G32 Z-23 F0.2;
N30 G00 X32;
N40 Z4;
N50 X29 ;第二次单循环切削
N60 G32 Z-23 F0.2;
N70 G00 X32;
N80 Z4;

```

5. G04 延时指令

执行G04指令可使其前一段的指令进给速度达到零之后，保持动作，其中X值是暂停时间，单位为秒，最大指令时间是9999.999秒。该指令除常用于切槽、钻孔、镗孔外，还可用于拐角轨迹控制。由于系统的自动加减速作用，刀具在拐角处的轨迹并不是直角，如果拐角处的精度要求不高时，可在拐角处使用暂停指令。

6. 英制输入G20(in)和公制输入G21(mm)指令

使用G20/G21指令可以选择是英制输入或者是公制输入，它们两个可以互相取代，且断电前后一致，即停机前使用G20或G21指令，在下次开机时仍有效，除非再设定，而且要在程序开头设置坐标系统之前设定好，机床出厂时设定为G21状态。

7. 自动返回参考点G28和从参考点返回G29指令

(1) G28 X—Z—T0100;。

执行G28指令时，刀具先快速移动到指令值所指令的中间点位置，然后自动回参考点。其中X、Z在绝对指令时是中间点的坐标值，在增量指令时，是中间点相对刀具当前点的移动距离。对各轴而言，移动到中间过渡点或移动到参考点均是以快速移动的速度来完成的（非直线移动），这种定位完全等效于G00定位。

在系统启动之后，当没有执行手动返回参考点功能时，指定G28指令无效，G28指令仅在其被规定的程序段有效，并且在执行该指令前，要预先取消刀补G29 X—Z—；。

(2) 执行G29指令时，被指令各轴从参考点快速移动到前面G28所指令的中间点，然后再移到G29所指令的返回点定位，这种定位完全等效于G00定位，其中X、Z值在绝对指令时是返回点的坐标值，在增量指令时是返回点相对中间点的移动距离，G29指令以在其被规定的程序段内有效。

(3) G28 和 G29 应用实例见图 1-8 所示。

```
O0006;
N10 G28 U60 W100 T0100 ;A→B→R
N20 M06 T0200 ;换刀
N30 G29 U80 W50 ;R→B→C
```

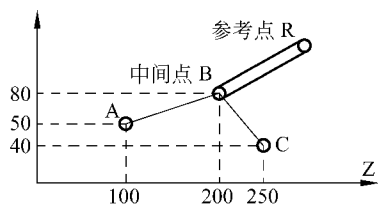


图 1-8 刀具返回参考点指令

8. G30 第 2 原点返回

坐标系能够用第 2 原点功能来设置。

(1) 用参数(a, b)设置刀具起点的坐标值,点“a”和“b”是机床原点与起刀点之间的距离。

(2) 在编程时用 G30 命令代替 G50 设置坐标系。

(3) 在执行了第 1 原点返回之后,不论刀具实际位置在哪里,遇到这个命令时刀具就移到第 2 原点。

(4) 换刀也在第 2 原点进行。

9. G96/G97 恒线速度切削

数控车床用调整步幅和修改 RPM(每分钟转数)的方法让速率划分成低速区和高速区,在每一个区内的速率可以自由改变。

(1) G96 功能:执行恒线速度控制,并且只通过改变 RPM 来控制相应的工件直径变化时保持恒定的切削速率。

(2) G97 功能:取消恒线速度控制,并且仅仅控制 RPM 的稳定。

10. 进给量的设定 G98 和 G99

(1) G98 每分钟进给:系统在执行了一条含有 G98 的程序段后,再遇到 F 指令时,便认为 F 所指定的进给速度单位为 mm/min。G98 被执行一次后,系统将保持 G98 状态,即使断电也不受影响,直至系统又执行了含有 G99 的程序段。

(2) G99 每转进给指令:若系统处于 G99 状态,认为 F 所指定的进给速度单位为 mm/r 如 F0 为 15mm/r,要取消 G99 状态,必须重新指定 G98。

11. G40/G41/G42 刀具直径偏置功能

(1) 格式

```
G41 X—Z—;
G42 X—Z—;
G40—;
```

理想中的刀尖是尖的,切削时程序指定的形状不会发生偏差,实际的刀尖是由圆弧构成的(刀尖半径),在圆弧插补和螺纹加工时刀尖半径会带来误差。

(2) 偏置功能

① G41:刀具半径左补偿。建立刀具半径左补偿,刀具由起刀点接近工件,刀具中心轨迹由 G42 来确定,在原来的程序基础上伸长或缩短一个刀具半径补偿,如图 1-9 所示。

② G42:刀具半径右补偿。建立刀具半径右补偿,刀具由起刀点接近工件,刀具中心轨迹由 G42 来确定,在原来的程序基础上伸长或缩短一个刀具半径补偿,如图 1-9 所示。

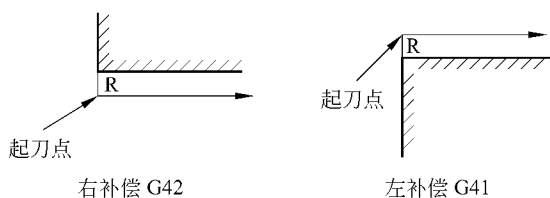


图 1-9 刀具半径补偿

③ G40：撤销刀具半径补偿。刀具撤离工件回到原点，刀具中心轨迹也要比程序轨迹伸长或缩短一个刀具半径值的距离。

④ 补偿的原则：取决于刀尖圆弧中心的动向，它总是与切削表面法向的半径矢量不重合。因此，补偿的基准点是刀尖中心。通常，刀具的刀尖半径的补偿是按一个假想的刀刃为基准，因此为测量带来一些困难。

“刀尖半径补偿”应当用 G00 或者 G01 功能来执行命令或取消命令，刀尖半径偏置的命令应当在切削进程启动之前完成，并且能够防止从工件外部起刀带来的过切现象。反之，要在切削进程之后用移动命令来执行偏置的取消过程。

12. (G54~G59)工件坐标系选择

(1) 格式

G54 X—Z—;

G55 X—Z—;

G56 X—Z—;

G57 X—Z—;

G58 X—Z—;

G59 X—Z—;

(2) 功能

用 G50 建立坐标系，用 G54~G59 移动坐标系(见图 1-10)通过使用 G54~G59 命令，可以方便地将工件坐标系偏移到任意点。

G54——工件坐标系 1；

G55——工件坐标系 2；

G56——工件坐标系 3；

G57——工件坐标系 4；

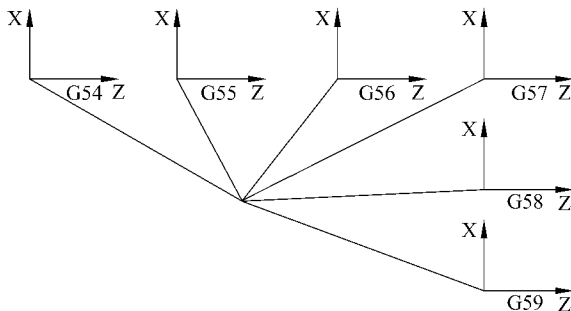


图 1-10 工件坐标系偏置指令 G54~G59

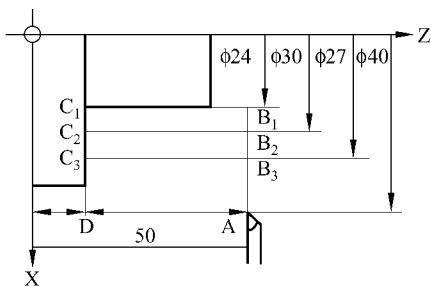


图 1-13 G90 圆柱切削循环实例

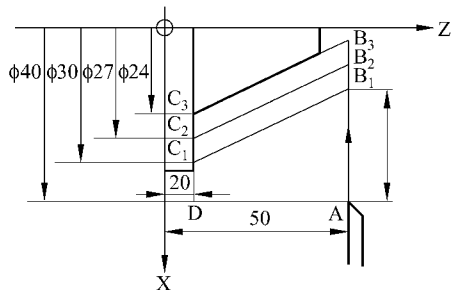


图 1-14 G90 圆锥切削循环实例

```
O0008;
N10 G90 U-10 W-30 I-10;
N20 G90 U-13 W-30 I-10 F100;
```

```
N30 G90 U-16 W-30 I-10 F100;
N40 M02;
```

14. G94 端面切削循环

(1) 圆柱切削循环 G94

① 格式

```
G94 X(U)—Z(W)—F—;
```

如图 1-15 所示,其中,X(U)、Z(W): 切削终点 C 的坐标;F: 切削速度。

② 说明

从该循环起点(A 点)开始执行,经循环起点 A→切削起点 B→切削终点 C→退刀点 D→循环起点 A 四段轨迹,其中 AB、DA 段按快速 R 移动,BC、CD 段按指令速度 F 移动;X、Z 值在绝对指令时为切削终点 C 的坐标值,在增量指令时为切削终点 C 相对于循环起点 A 的移动距离。

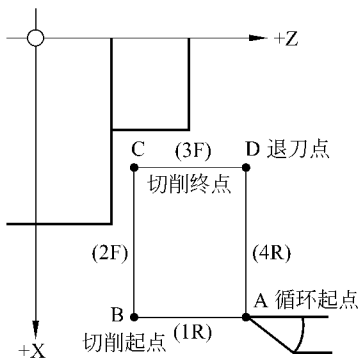


图 1-15 圆柱切削循环 G94

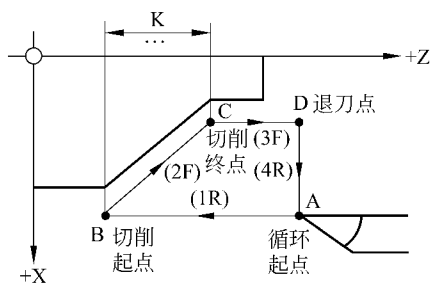


图 1-16 带锥度端面切削循环 G94

(2) 带锥度端面切削循环 G94

① 格式

```
G94 X(U)—Z(W)—K—F—;
```

如图 1-16 所示,其中,X(U)、Z(W): 切削起点 B 的坐标,K: 锥度之差,有正负之分;F: 切削速度。

② 说明

如图 1-16 所示,其中 X、Z 同上述一致,K 值为切削起点 B 相对于切削终点 C 在 Z 轴的移动距离,即 $Z_B - Z_C$,当算术值为正时,K 值取正;当算术值为负时,K 值取负。

(3) G94 实例

① G94 圆柱切削循环实例

如图 1-17 所示,增量坐标指令编程。

```
O0009;
N10 G94 U-15 W-8 F200;
N20 G94 U-15 W-11;
```

```
N30 G94 U-15 W-14;
N40 M02;
```

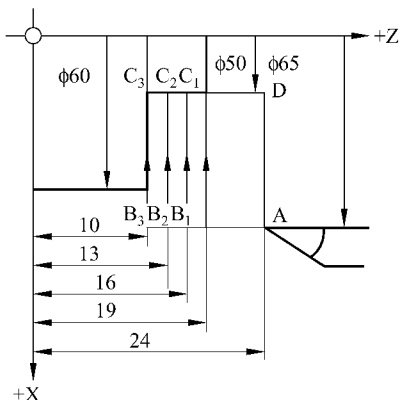


图 1-17 G94 圆柱切削循环实例

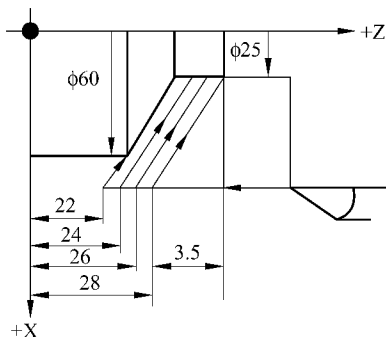


图 1-18 G94 圆锥切削循环实例

② G94 圆锥切削循环实例

如图 1-18 所示,绝对坐标指令编程。

```
O0010;
N10 G00 X6.5 Z45;
N20 G94 X25 Z31.5 R-3.5 F200;
N30 Z29.5;
```

```
N40 Z27.5;
N50 Z22.5;
N60 G00 X65 Z45;
N70 M02;
```

15. G92 螺纹切削循环

(1) G92 直螺纹切削循环

① 格式

```
G92 X(U) Z(W) F;
```

如图 1-19 所示,其中,X(U)、Z(W): 螺纹终点 C 的坐标,F: 螺纹的螺距。

② 说明

如图 1-19 所示,执行该指令,可切削锥螺纹和圆柱螺纹,并且刀具从循环起点 A 开始,经循环起点 A→螺纹起点 B→螺纹终点 C→退刀点 D→循环起点 A 四段轨迹,其中 AB、CD 两段按指令速度 F 移动,X、Z 在绝对指令时为螺纹终点 C 的坐标值;增量指令时为螺纹终点 C 相对循环起点 A 的移动距离。

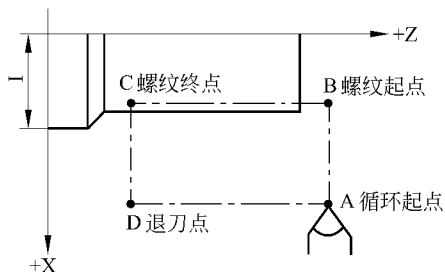


图 1-19 G92 直螺纹切削循环

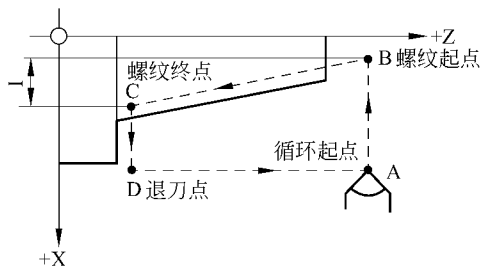


图 1-20 G92 锥螺纹切削循环

(2) G92 锥螺纹切削循环

① 格式

G92 X(U)—Z(W)—I—F—;

如图 1-20 所示, X(U)、Z(W): 螺纹终点 C 的坐标值, I 值为锥度之差, 有正负之分; F: 螺纹螺距。

② 说明

如图 1-20 所示, 其中 X、Y 同上述一致, I 为锥螺纹起点与锥螺纹终点的半径差, 即 $r_{始} - r_{终}$ 。

(3) G92 实例

① G92 圆柱切削循环实例

如图 1-21 所示, 绝对坐标指令编程。

```
O0011;
N10 G50 X35 Z104;
N20 G92 X29.2 Z56 F1.5;
```

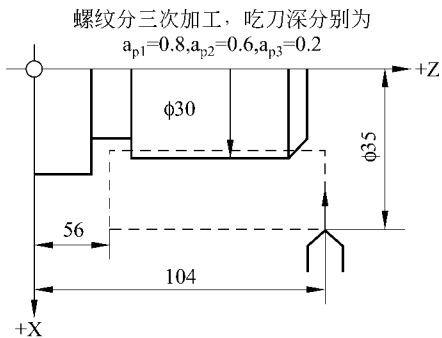


图 1-21 G92 圆柱切削循环实例

```
N30 G92 X28.6 Z56 F1.5;
N40 G92 X28.4 Z56 F1.5;
N50 M02;
```

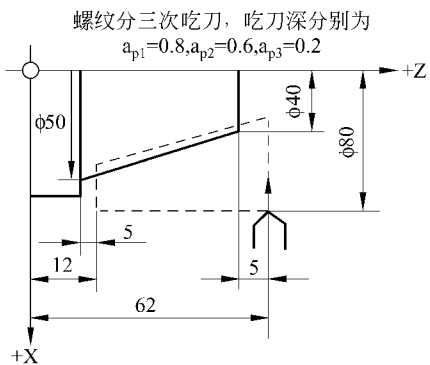


图 1-22 G92 圆锥切削循环实例

② G92 圆锥切削循环实例

如图 1-22 所示, 增量坐标指令编程。

```
O0012;
N10 G92 U-30 W-50 I-10 F2;
N20 G92 U-30.8 W-50 I-10 F2;
```

```
N30 G92 U-31.4 W-50 I-10 F2;
N40 G92 U-31.6 W-50 I-10 F2;
N50 M02;
```

1.1.5 复合循环指令

1. G70 精加工循环

(1) 格式

G70 P(ns) Q(nf);

其中,ns: 精加工形状程序的第一个段号;nf: 精加工形状程序的最后一个段号。

(2) 功能

用 G71、G72 或 G73 粗车削后,用 G70 精车削。

2. G71 外圆粗车固定循环

(1) 格式

G71 U(Δd) R(e);

G71 P(ns) Q(nf) U(Δu) W(Δw) F(f) S(s) T(t);

(2) 功能(见图 1-23)

Δd : 切深,无符号,切入方向由 AA' 方向决定(半径指定),该指定是模态的,一直到下次指定以前均有效。

e: 退刀量,是模态值,在下次指定前均有效。

ns: 精加工形状的第一个程序段的顺序号。

nf: 精加工形状的最后一个程序段的顺序号。

Δu : X 轴方向精加工余量的距离及方向(直径/半径均可指定)。

Δw : Z 轴方向精加工余量的距离及方向。

F、S、T: 在 G71 循环中,顺序号 ns~nf 之间程序段中的 F、S、T 功能都无效,全部忽略,仅在 G71 指令的程序段中 F、S、T 有效。

(3) 说明

① Δd 、 Δu 都用同一地址 U 指定,循环动作由 P、Q 指定的 G71 指令进行。

② 在带有恒线速控制选择功能时,在 A 至 B 间移动指令中的 G96 或 G97 无效,在含 G71 或以前程序段的指令有效。

③ 在 A 至 A' 间,顺序号 ns 的程序段中,可含有 G00 或 G01 指令,但不能含有 Z 轴指令,在 A' 至 B 间,X 轴、Z 轴必须都是单调增大或减小。

④ 在顺序 ns 到 nf 的程序段中,不能调用子程序。

(4) G71 编程实例(见图 1-24)

O0013;

N10 G50 X280 Z250;

N20 G00 X260 Z360 M03;

N30 G71 U3 R2;

N40 G71 P50 Q110 X1 Z0.2 F200;

N50 G00 X50 Z360 F300;

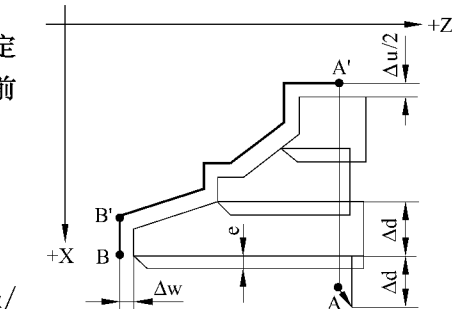


图 1-23 G71 外圆粗车固定循环

N60 G01 X50 Z300 F300;

N70 X100 Z240;

N80 X100 Z170;

N90 X160 Z100;

N100 X250 Z50;

N110 X250 Z0;

N120 G00 X280 Z350;

N130 M02;

3. G72 端面车削固定循环

(1) 格式

G72 W(Δd) R(e);

G72 P(ns) Q(nf) U(Δu) W(Δw) F(f) S(s) T(t);

其中, Δd 、 e 、 ns 、 nf 、 Δu 、 Δw 、 f 、 s 及 t 的含义与 G71 相同。

(2) 功能

如图 1-25 所示,用于平行于 X 轴的方向进行切削加工,用 G72 切削的形状,都是根据刀具重复平行于 X 轴的方向来进行切削的。

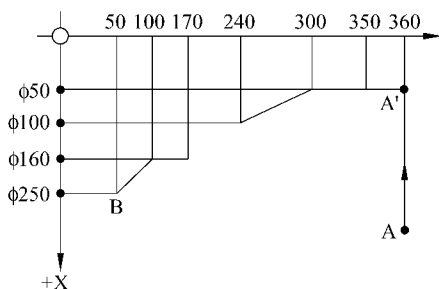


图 1-24 G71 编程实例

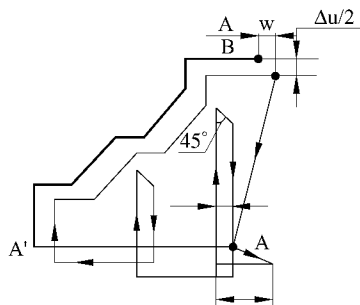


图 1-25 G72 端面车削固定循环

(3) G72 编程实例(见图 1-26)

增量坐标编程如下:

O0014;

N10 G00 U-20 W-20 M03;

N20 G72 W2.5 R2;

N30 G72 P40 Q100 U0.5 W1 F100 S800;

N40 G00 U0 W-325;

N50 G01 U-99 W55 F300;

N60 X0 W70;

N70 U-60 W0;

N80 U0 W70;

N90 U-50 W60;

N100 U0 W50;

N110 G00 U20 W50;

N120 M02;

4. G73 成形加工复合循环

如图 1-27 所示,利用成形加工复合循环,可以按同一轨迹重复切削,每次切削刀具向前移动一次,因此对于锻造、铸造等粗加工已初步形成的毛坯,可以高效率地加工。

(1) 格式

G73 U(Δi) W(Δk) R(d);

G73 P(ns) Q(nf) U(Δu) W(Δw) F(f) S(s) T(t);

(2) 功能

Δi : X 轴方向退刀的距离及方向(半径指定),这个指定是模态的,一直到下次指定前均有效,并且也可以用参数来设定。

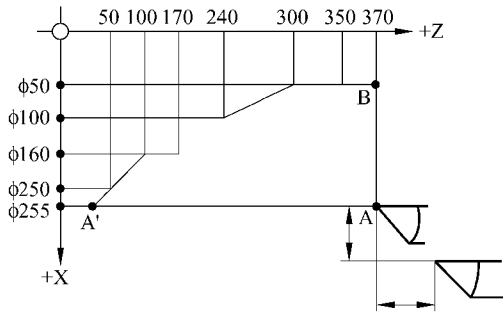


图 1-26 G72 编程实例

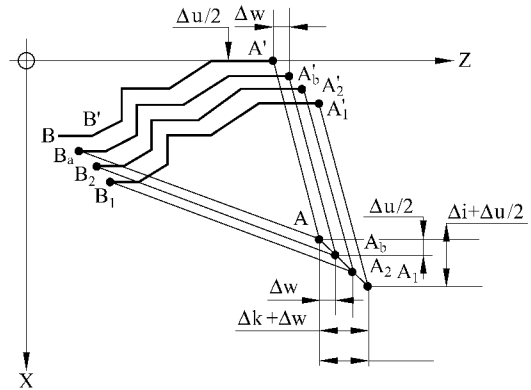


图 1-27 G73 成形加工复合循环

Δk : Z 轴方向退刀距离,这个指定是模态的,一直到下次指定前均有效,另外,也可以用参数来设定。

d : 分割次数,等于粗车次数,该指定是模态的,直到下次指定前均有效,也可以用参数来设定。

ns : 构成精加工形状的第一个程序段的顺序号。

nf : 构成精加工形状的最后程序段的顺序号。

Δu : X 轴方向的精加工余量(直径/半径均可以指定)。

Δw : Z 轴方向的精加工余量。

F、S、T: 在 $ns \sim nf$ 之间任何一个程序段上的 F、S、T 功能均无效,仅在 G73 指定中的 F、S、T 功能有效。

(3) 说明

① Δi 、 Δk 、 Δu 、 Δw 都用地址 U、W 指定,它们的区别根据有无指定 P、Q 来判断。

② 粗加工循环动作由 G73 指令的 P、Q 来进行,切削形状可分为 4 种,编程时要注意 Δu 、 Δw 、 Δi 、 Δk 的符号;循环结束后,刀具就返回 A 点,如图 1-27 所示,该功能在切削工件时刀具轨迹为一封闭回路,刀具逐渐进给,使封闭切削回路逐渐向零件最终形状靠近,最终切削加工完成。

(4) G73 编程实例(见图 1-28)

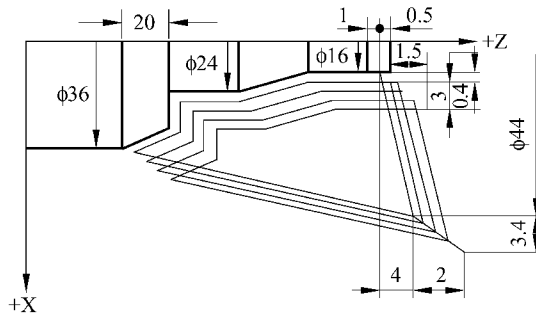


图 1-28 G73 编程实例

(2) 功能

如图 1-30 所示, G75 的操作指令, 除用 Z 代替 X 之外, 其他参数与 G74 相同, 在循环切削过程中也可以处理断削, 可在 X 轴方向割槽及 X 轴方向啄式钻孔。

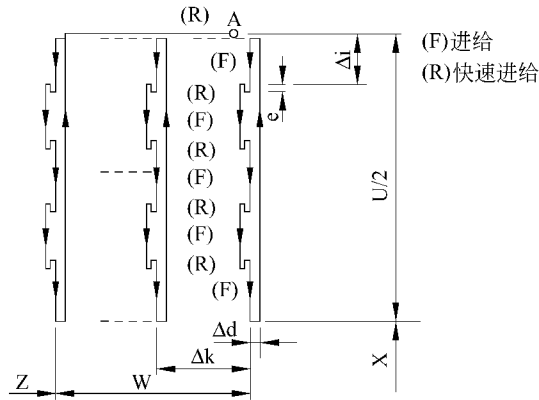


图 1-30 G75 外径/内径啄式钻孔循环

7. G76 复合型螺纹切削循环

如图 1-31、图 1-32 所示, 用 G76 切削螺纹可以不需要退刀槽。

(1) 格式

G76 P(m) (r) (α) Q(Δdmin) R(d);

G76 X(u) Z(w) R(i) P(k) Q(Δd) F(L);

其中, m: 最后精加工的重复次数 1~99。此指定值是模态的, 在下次指定前均有效, 另外也可以用参数来设定 m 的值。

r: 螺纹倒角量(螺纹收尾部分的长度), 如果把 L 作为导程, 在 0.01~9.9L 的范围内, 以 0.1L 为一挡, 可以用 00~99 两位数值来指定, 也可以用设定参数值来改变螺纹倒角量 r 的值。

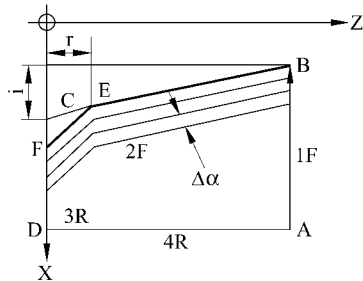


图 1-31 G76 复合型螺纹切削循环

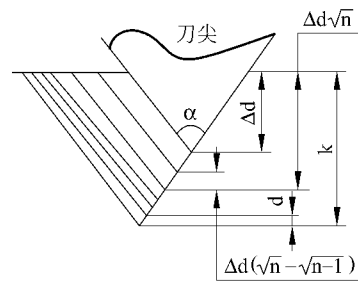


图 1-32 G76 复合型螺纹切削循环参数

α: 刀尖的角度(螺纹牙的角度)。可以选择 80°、60°、55°、30°、29°、0° 6 种角度, 此角度值用两位数来指定, 此指定是模态的, 在被下次指定前均有效; 另外, 用参数也可以来设定 α 的值。

m、r、α 与地址 P 一起指定。例如, m=2, r=1.2L, α=60°, P 如下:

P 02 (m) 12 (r) 60 (α);

Δd_{\min} : 最小切入量。当一次切入量 $\Delta d(\sqrt{n}-\sqrt{n-1})$ 比 d_{\min} 还小时, 则用 Δd_{\min} 作为一次切入量。该指定是模态的, 在下次被指定前均有效, 另外, 用参数也可以设定 Δd_{\min} 的值。

d: 精加工余量。此指定是模态的, 在下次被指定前均有效, 并且用参数也可设定 d 的值, 用程序指令, 也可以改变参数。

i: 螺纹部分的半径差。i=0 时为切削直螺纹。

k: 螺纹牙高(X 轴方向的距离用半径值指令)。

Δd : 第一次切入量(同 G32 的螺纹切削)。

(2) 功能

① 用 P、Q、R 指定数据, 根据有无地址 X(U)、Z(W) 来区别。

② 循环动作由地址 X(U)、Z(W) 指定的 G76 指令进行。

③ 在 G76 循环加工中, 刀具为单侧刃加工, 刀尖的负载可以减轻。另外, 第一次切入量为 Δd , 第 n 次为 $\Delta d\sqrt{n}$, 每次切削量是一定的。考虑各地址的符号, 有 4 种加工图形, 也可以加工内螺纹, 在图 1-31 所示的螺纹切削循环中, 只有 C、D 之间是 F 指令的进给速度, 其他为快速进给。

在图 1-31 所示的螺纹切削循环中, 增量的符号如下。

- U、W: 负(由轨迹 A 到 C, C 到 D 的方向决定)。
- R(I): 负(由轨迹 A 到 C 的方向决定)。
- P(K): 正(为正)。
- Q(D): 正(为正)。

(3) G76 复合型螺纹切削循环实例(见图 1-33)

O0016;

N10 G76 P01 1060 Q100 R200;

N20 G76 X60640 Z25000 P3680 Q1800 F60;

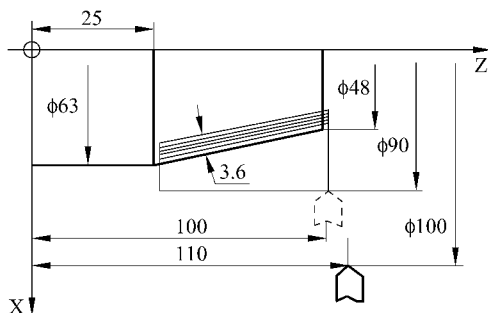


图 1-33 G76 复合型螺纹切削循环实例

注:

- ① 关于切螺纹的注意事项, 与 G32 单段螺纹切削和 G92 圆锥切削循环相同。
- ② 螺纹倒角量的指定, 对 G92 圆锥切削循环也有效。
- ③ G76 数值必须是整数(参数设置为小数点指定, 单位为 μm)。

1.1.6 辅助功能(M 功能)

1. 指令及其含义

在地址 M 之后规定两位数字用于机床功能的开/关控制,一个程序段中可规定一个 M 指令,当两个以上的 M 指令一起规定时,只是最后的那个有效,M 指令及 M 指令功能的规定如表 1-2 所示。

表 1-2 M 指令表

指令	功 能	说 明
M00	程序暂停	执行 M00 后,机床所有动作均被切断,重新按动程序启动按钮后,再继续执行后面的程序段
M01	任选暂停	执行过程和 M00 相同,只是在机床控制面板上的“任选停止”开关置于接通位置时,该指令才有效
M02	主程序结束	切断机床所有动作,并使程序复位
M03	主轴正转	
M04	主轴反转	
M05	主轴停止	
M06	刀塔转位	刀塔转位必须与相应的刀号(T 代码)结合才能构成完整的换刀指令
M08	切削液开	
M09	切削液关	
M98	调用子程序	其后 P 地址指定子程序号,L 地址指定调用次数
M99	子程序结束	子程序结束,并返回到主程序中 M98 所在程序行的下一行

(1) 子程序调用指令 M98、子程序返回指令 M99

调用子程序使用下列格式:

```
M98 P□□□□L□□□□;
```

子程序号
子程序重复调用次数

子程序的格式:

```
O□□□□;  
...;  
...;  
...;  
M99;
```

(2) 主程序和子程序格式

主程序

```
O×××××;  
N0010—;  
N0020—;  
N0030 M98 P1010 L2;
```

子程序

```
O1010;  
N1010;  
N1020—;  
N1030—;
```