

任务6 螺纹轴车削编程与加工

学习目标

素质目标

1. 具备文明生产、安全操作意识。
2. 具备良好的职业习惯，严谨踏实的工作作风。
3. 具备良好的职业道德和团队精神。

知识目标

1. 能描述G32、G92、G76指令格式及应用注意事项。
2. 能应用G32、G92、G76指令编制数控加工程序。

技能目标

1. 能对螺纹轴进行车削编程。
2. 能对螺纹轴进行车削仿真加工。

学习导读

数控技术的引入，为螺纹制造插上了精准与高效的翅膀。它告别了传统加工的繁杂与局限，将复杂的螺旋运动轨迹、精密的进给关系、多变的刀具补偿变成精密的代码由CNC系统掌控。数控机床以稳定、可重复、高柔性的特性，将螺纹的几何精度、表面质量和生产效率提升到前所未有的高度。

学习螺纹数控加工，就是在金属上“书写”可靠连接的密码。它要求我们兼具严谨的工程思维、精湛的操作技艺和永不满足的求精态度。当你编写的代码驱动刀具划出完美的螺旋线，当螺杆与螺母在指尖顺畅旋合，那份“环环相扣、丝丝入扣”的精密之美，正是对“精益求精”工匠精神最动人的诠释。

任务导入

一、螺纹车刀

1. 在FANUC 0i数控车床上加工如图2-48所示零件：材料为45钢，毛坯为 $\Phi 40\text{mm} \times 100\text{mm}$ ；要求车端面，车M30螺纹大径，切槽，车螺纹，切断。
2. 螺纹加工刀具，如图2-49所示。

如图2-49所示，螺纹车刀属切削刀具的一种，是用来在车削加工机床上进行螺纹切削加工的一种刀具。螺纹车刀分为内螺纹车刀和外螺纹车刀两大类。有焊接刀头的螺纹车刀[图2-49(a)]、高速钢材料磨成的螺纹车刀、高速钢梳刀片式的螺纹车刀、机夹式螺纹车刀[图2-49(b)]等，其中机夹式螺纹车刀是一种可以将刀杆和刀片进行拆分的一种螺纹刀具。机夹式螺纹车刀分为刀杆和刀片两部分，刀杆上装有刀垫，用螺钉压紧，刀片安装在刀垫上，刀片又分为硬质合金未涂层刀片和涂层刀片。未涂层刀片一般用来加工

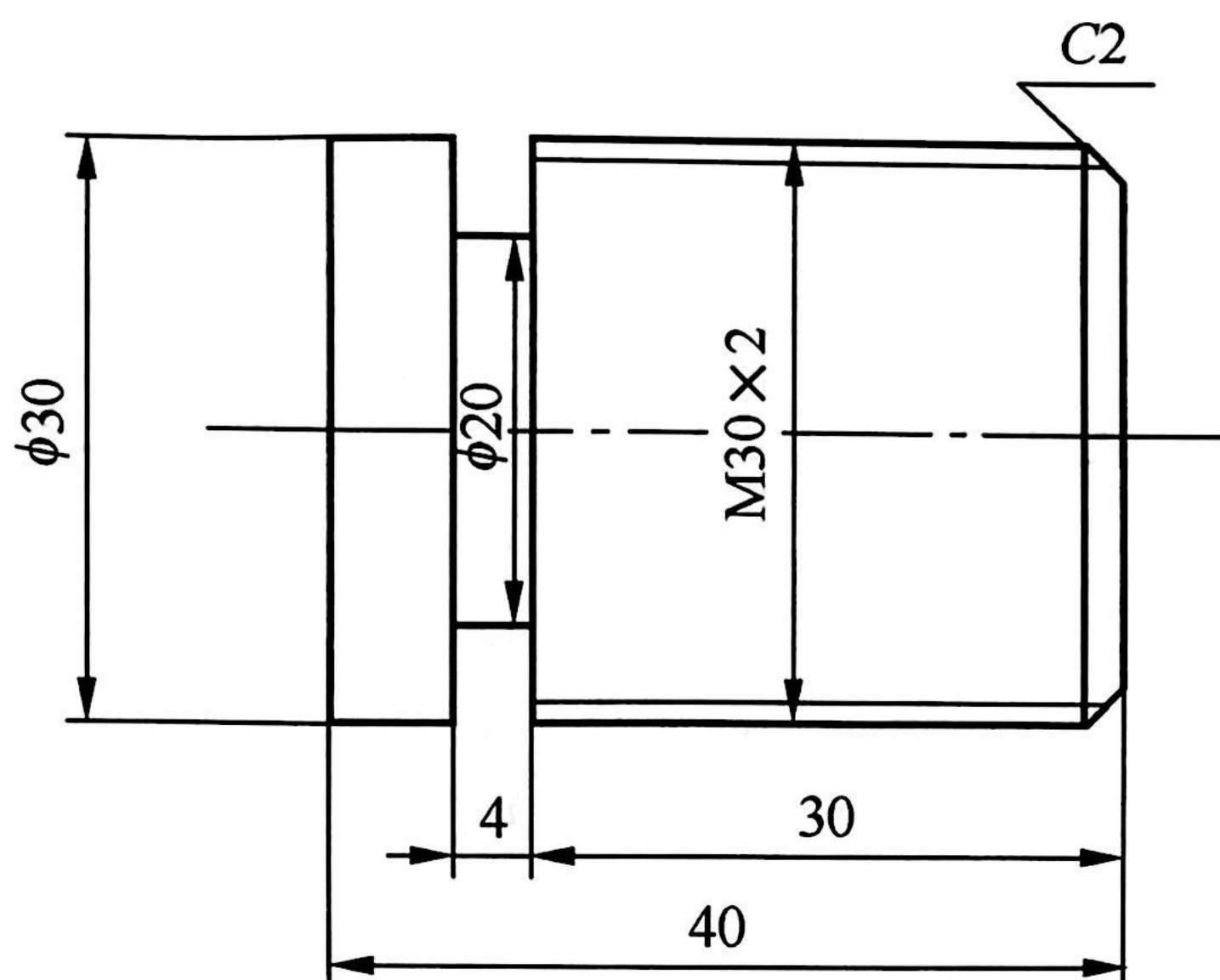
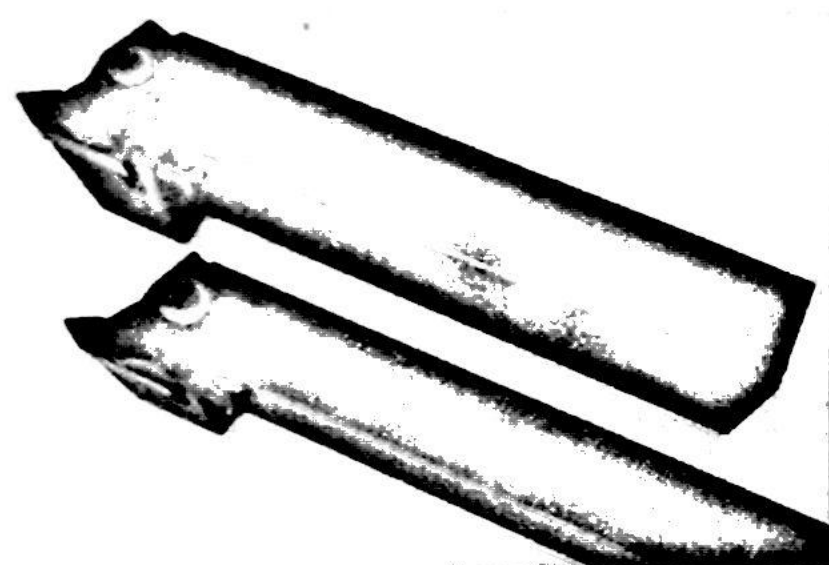
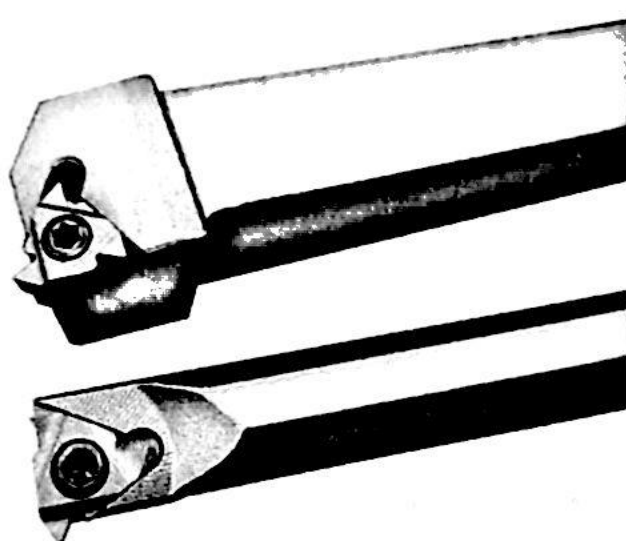


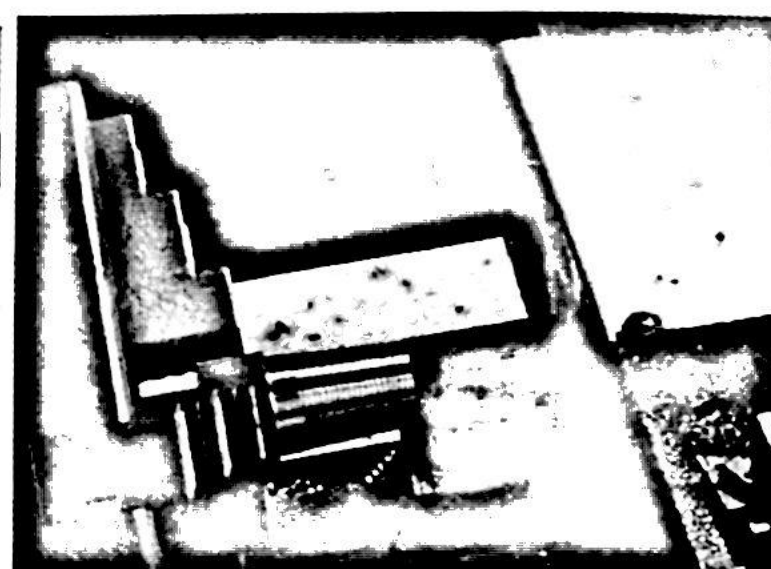
图 2-48 车削加工图



(a) 焊接车刀



(b) 机夹车刀



(c) 螺纹零件

图 2-49 螺纹车刀实物图

铝、铝合金、铜、铜合金等有色金属材料；涂层刀片一般用来加工钢材、铸铁、不锈钢、合金材料等。

二、螺纹加工注意事项

1. 数控车床加工螺纹的前提条件

数控车床加工螺纹的前提条件是主轴有位置测量装置，如图2-50所示。

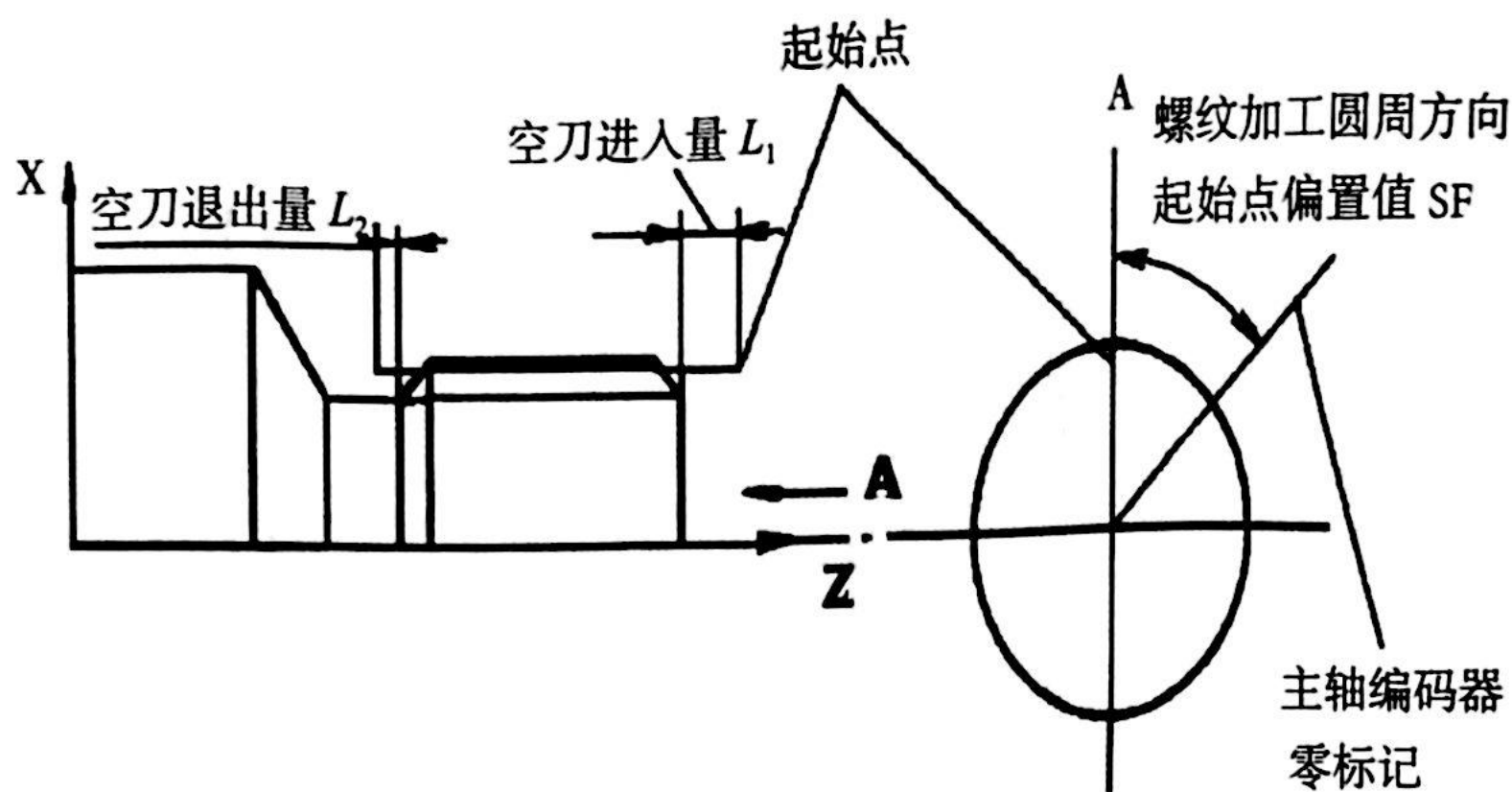


图 2-50 加工螺纹时的位置测量装置

2. 使用恒转速功能

削螺纹时必须使用恒转速功能（G97），否则车削时X轴的直径值渐次减少，转速会增加，会使F导程指定的值产生变动而发生乱牙现象，如图2-51所示。

3. 螺纹车削空刀量

为防止产生非定值导程螺纹，车削螺纹的前后，需有适当的空刀进入量 L_1 和空刀退出量 L_2 ，如图2-52所示。

近似计算式：

$$L_1 = n \times P / 400 \approx (1 \sim 2) P$$

$$L_2 = n \times P / 1800 \geq 0.5 P$$

式中 n ——主轴转速，r/min；

P ——螺纹导程，mm。

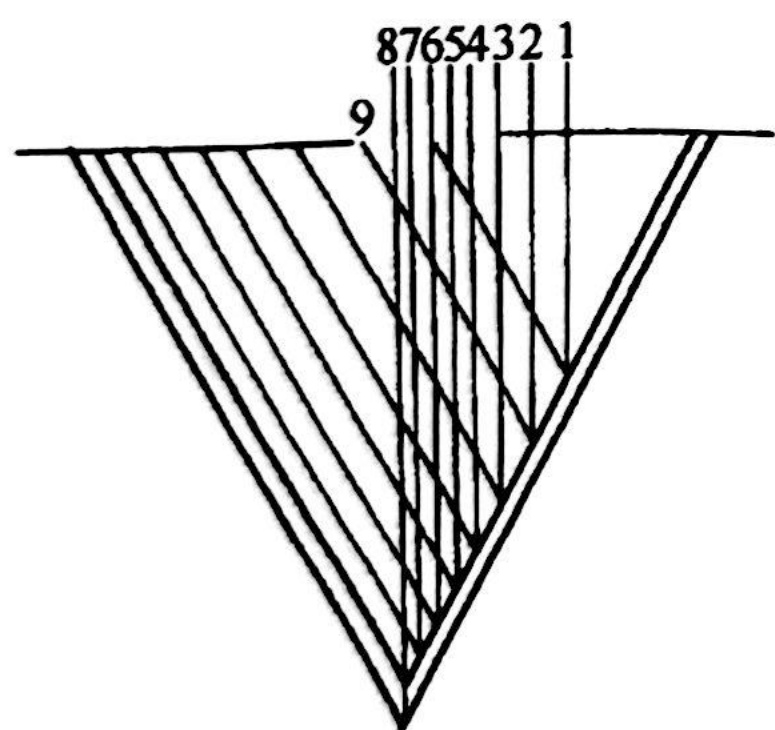


图 2-51 多次进刀车削螺纹

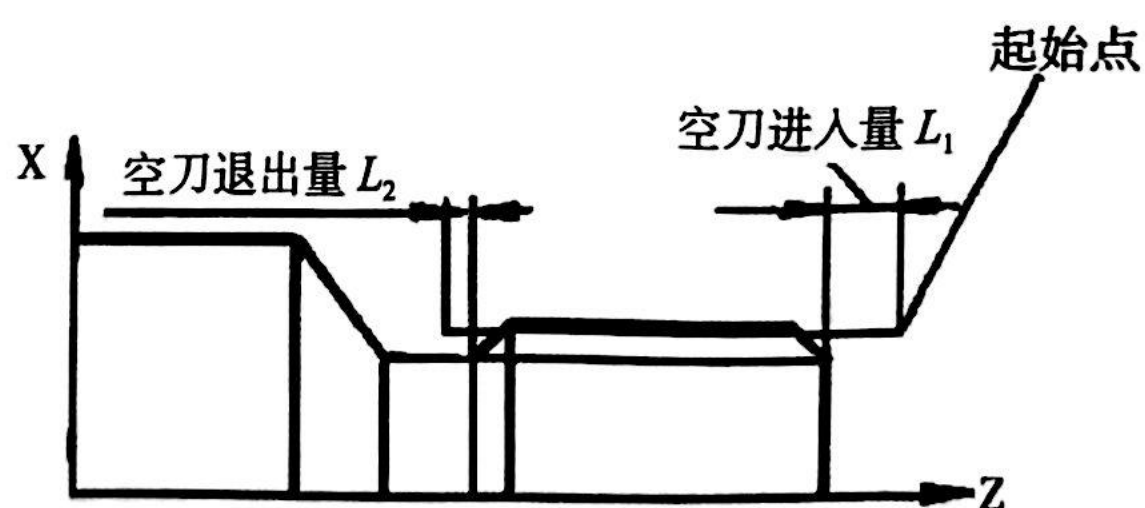


图 2-52 螺纹车削空刀量

4. 螺纹加工中螺纹大径决定于编程大径

螺纹加工中螺纹大径决定于编程大径，如图2-53所示，实际普通螺纹可用粗略估算：

螺纹编程大径 D_1 =公称直径 D -0.13×螺纹螺距 P =30-0.13×2=29.74

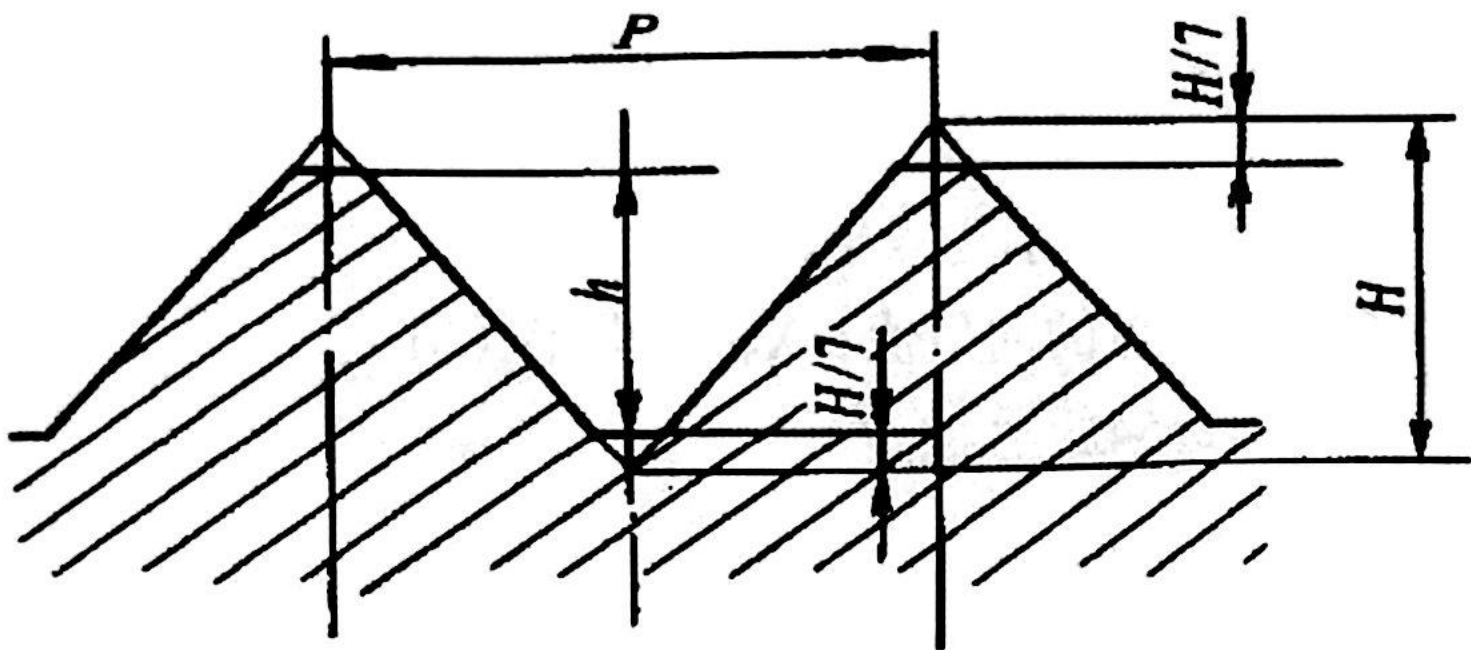


图 2-53 螺纹高度与大径

5. 螺纹牙型高和编程小径

三角形普通螺纹牙型高度： $h=0.6495P$ （ P 是螺距）

实际普通螺纹可用粗略估算：

螺纹编程小径 d' =公称直径 D -2×0.65 P = D -2×0.65 P = D -1.3 P

螺纹加工中的走刀次数和进刀量（切削深度）直接影响螺纹的加工质量。常用螺纹切削的进给次数与吃刀量如表2-7所示。

表 2-7 常用螺纹切削的进给次数与吃刀量表

米制螺纹								
螺距		1.0	1.5	2	2.5	3	3.5	4
牙深（半径量）		0.649	0.974	1.299	1.624	1.949	2.273	2.598
切削次数与 背吃刀量 （直径值）	1次	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.5	1.5
	2次	0.4	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.8
	3次	0.2	0.4	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
	4次		0.16	0.4	0.4	0.4	0.6	0.6
	5次			0.1	0.4	0.4	0.4	0.4
	6次				0.15	0.4	0.4	0.4
	7次					0.2	0.2	0.4
切削次数与 背吃刀量 （直径值）	8次						0.15	0.3
	9次							0.2

一、单一行程螺纹切削指令G32

指令格式:

G32 X (U) ___ Z (W) ___ F___; (圆柱螺纹)

G32 X (U) ___ Z (W) ___ R___ F___; (圆锥螺纹)

其中:

X (U)、Z (W) ——螺纹切削终点坐标;

R——切削终点至切削起点的向量值 (X轴方向半径值);

F——螺纹螺距, 如图2-54所示。

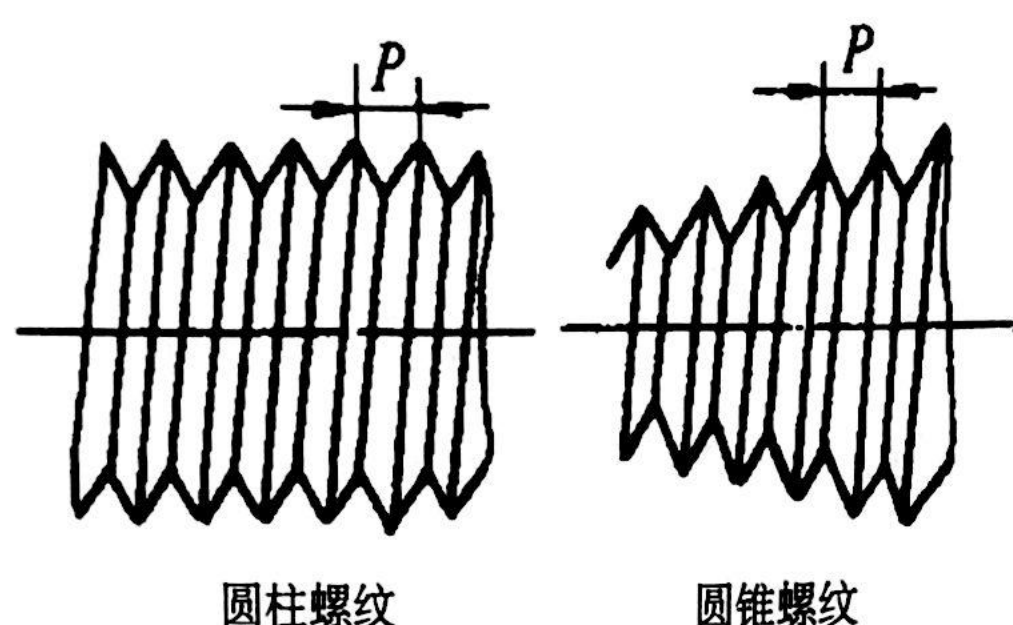


图 2-54 螺纹及螺距



螺纹车削编程指令学习视频

指令功能: 能完成恒螺距圆柱螺纹、圆锥螺纹的切削加工。

二、螺纹切削单一固定循环指令G92

指令格式:

G92 X (U) ___ Z (W) ___ F___; 圆柱螺纹

G92 X (U) ___ Z (W) ___ R___ F___; 圆锥螺纹 (模态指令)

其中:

X (U)、Z (W) ——螺纹切削终点坐标;

R——切削终点至切削起点的向量值 (X轴方向半径值);

F——螺纹螺距。

指令功能: 能完成圆柱螺纹或圆锥螺纹的循环切削, 如图2-55所示。

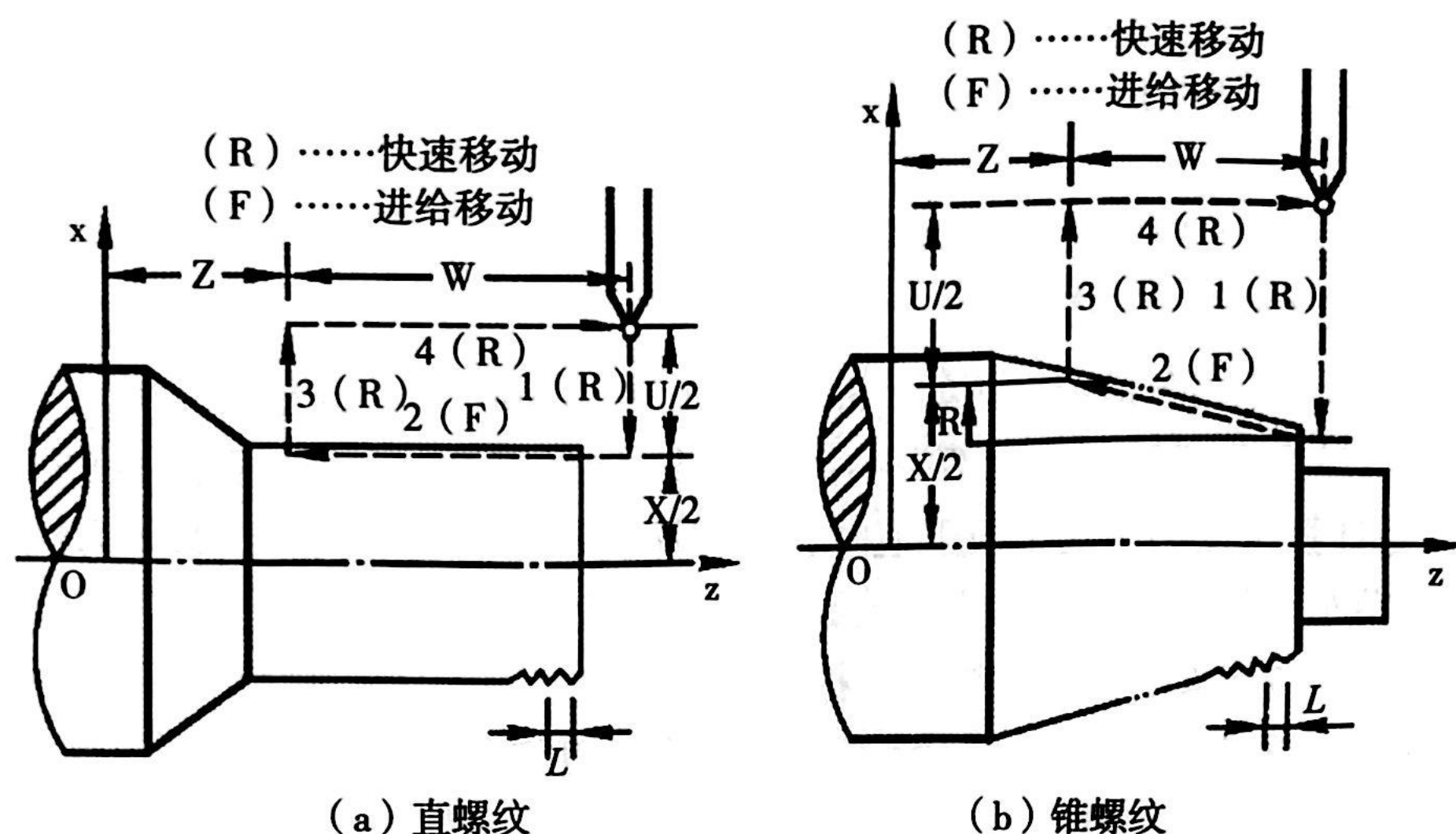


图 2-55 圆柱螺纹和圆锥螺纹轨迹图

三、螺纹切削复合循环指令G76

螺纹切削复合循环指令G76在加工螺纹时都采用的是斜进法切削，适合大螺距的三角形螺纹和梯形螺纹加工。

该指令用于多次自动循环车螺纹，数控加工程序中只需指定一次，并在指令中定义好有关参数，则能自动进行加工，车削过程中，除第一次车削深度外，其余各次车削深度自动计算，该指令的执行过程如图2-56所示。

指令格式：

G76 Pmra Q $\Delta d_{\min}$ Rd

G76 X(U) _Z(W) _Ri Pk Q Δd F___ L___

指令功能：该螺纹切削循环的工艺性比较合理，编程效率较高，螺纹切削循环路线及进刀方法如图2-56所示。

说明如下。

(1) m是精加工重复次数，从01~99，该参数为模态量。

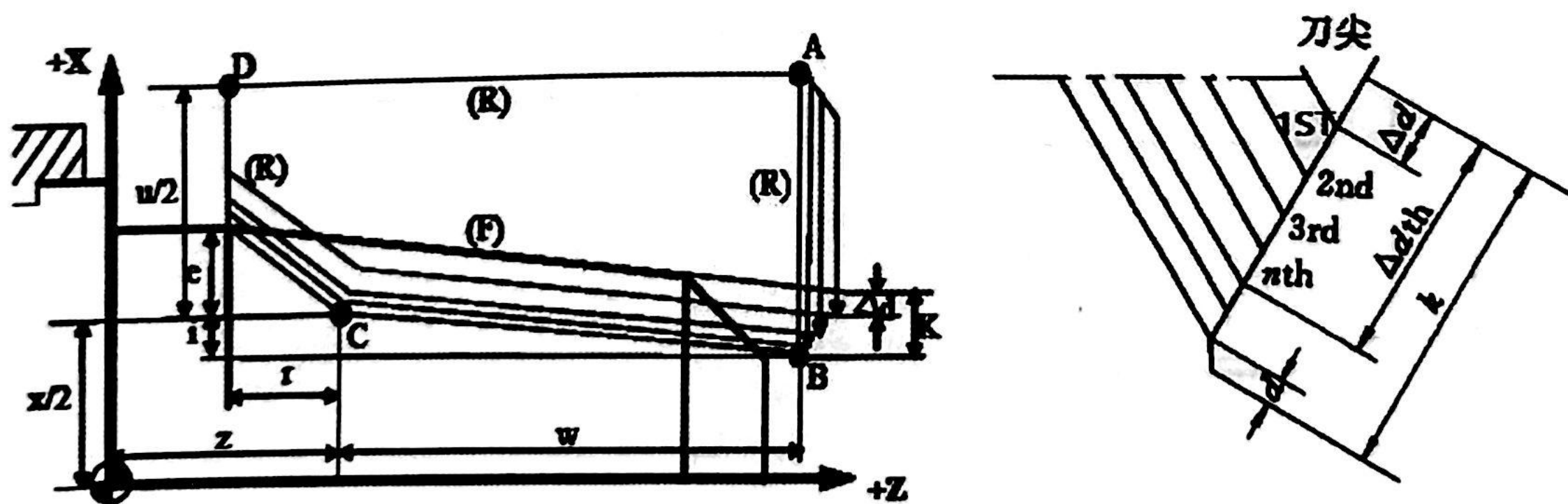


图 2-56 G76 切削轨迹及参数定义图

(2) r 是螺纹尾端倒角值，即螺纹切削收尾处斜45°的Z向退刀量，该值的大小可设置在0.0~9.9 L ，系数应为0.1的整数倍，用00~99的两位整数来表示，其中 L 为螺距。该参数为模态量。

(3) a 是刀具刀尖角度（螺纹牙型角），可从80°、60°、55°、30°、29°、0°六个角度中选择，用两位整数来表示，该参数为模态量。

m 、 r 、 a 用地址P同时指定，例如， $m=2$ ， $r=1.2L$ ， $a=60^\circ$ ，表示为P021260。

(4) $d_{\min}$ 是最小车削深度，用不带小数点的半径值编程。车削过程中每次的车削深度为($d_{\min}$)，当计算深度小于这个极限值时，车削深度锁定在这个值。该参数为模态量。

(5) d 是精车余量，用小数点半径值编程。该参数为模态量。

(6) $X(U)$ 、 $Z(W)$ 是螺纹终点坐标值。

(7) i 是螺纹锥度值，用半径值编程，即螺纹切削起始点与切削终点的半径差。若 $i=0$ ，则为直螺纹。

(8) k 是螺纹牙型高度，X向的半径值，用不带小数点半径值表示，通常为正值。

(9) d 是为第一刀切入深度，X向的半径值，通常为正值。

i 、 k 、 d 的数值应以无小数点形式表示。

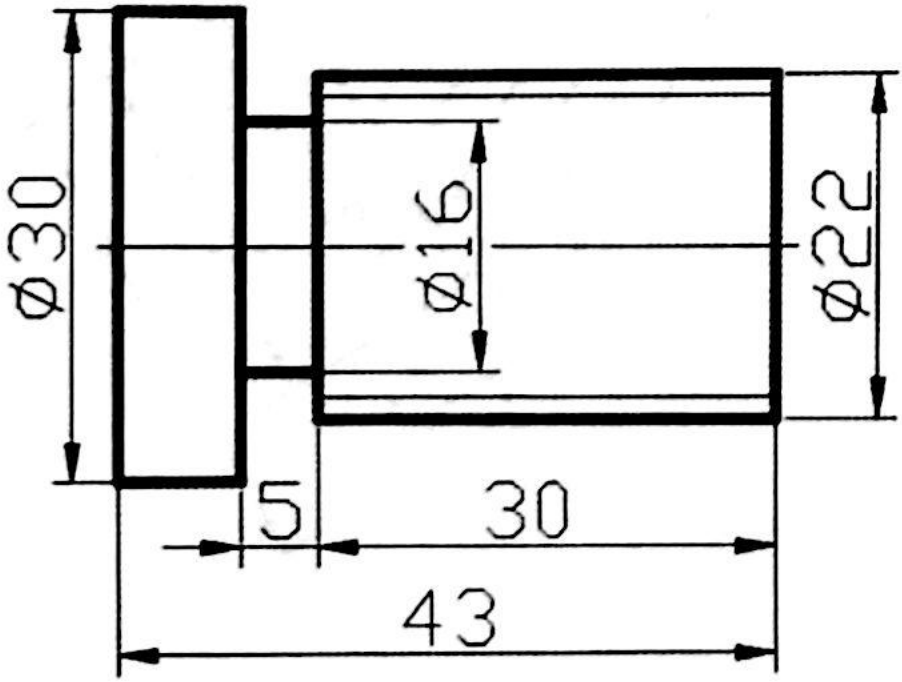
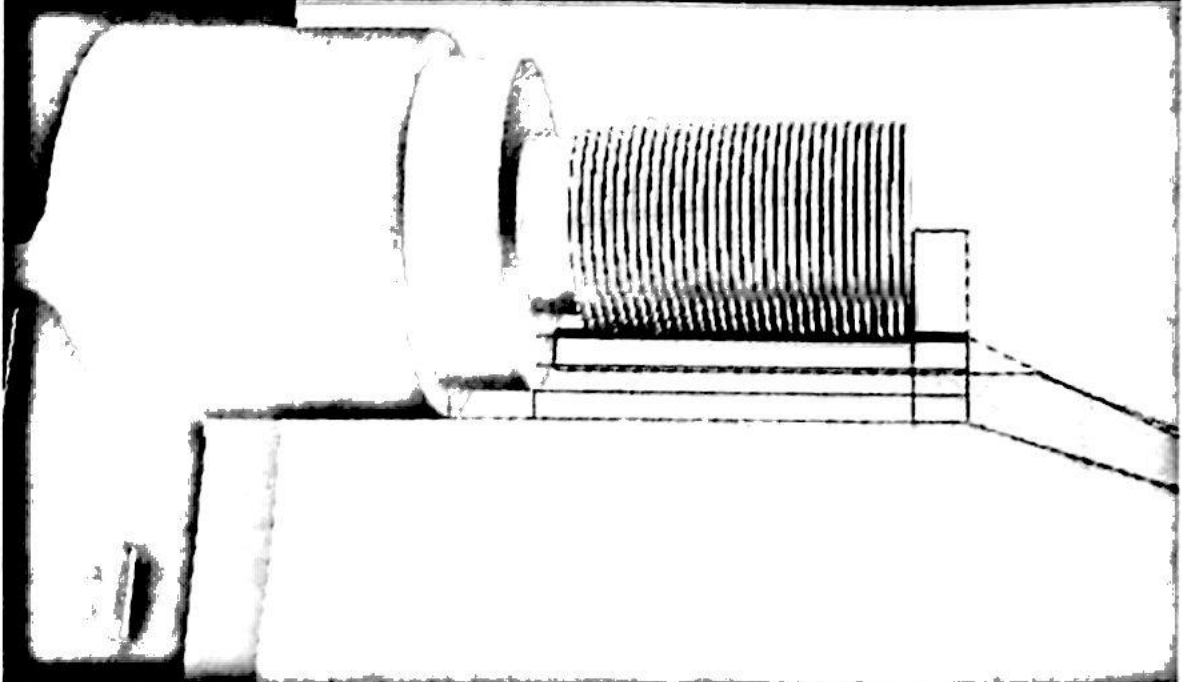
(10) L 是螺距。

 技能跟练



一、案例

1. 螺纹切削指令G32应用

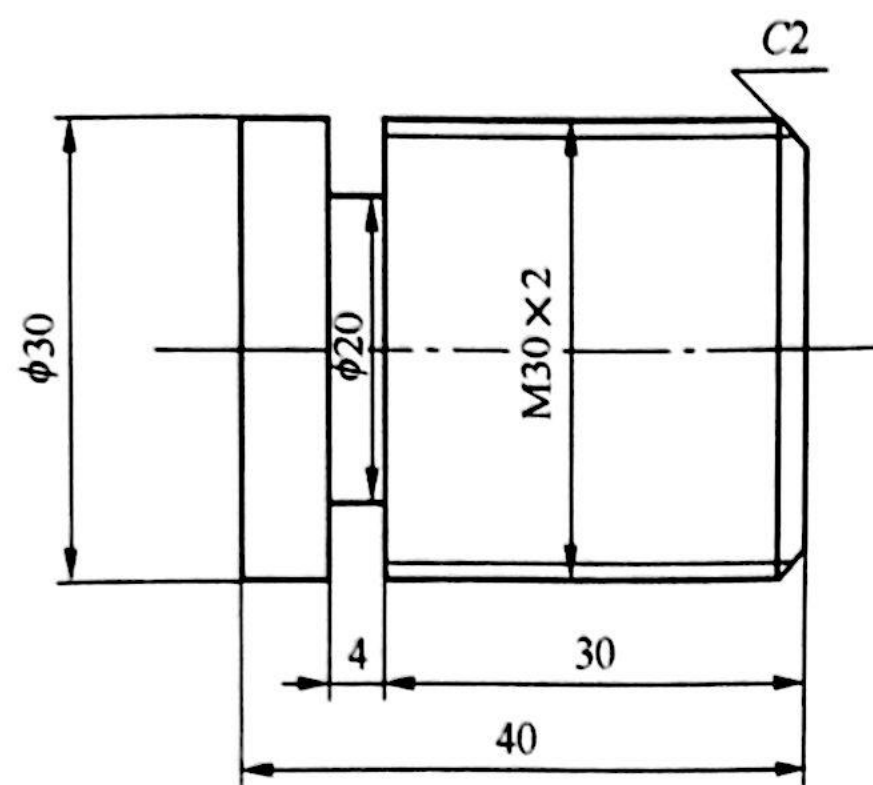
零件图	仿真图
	

续表

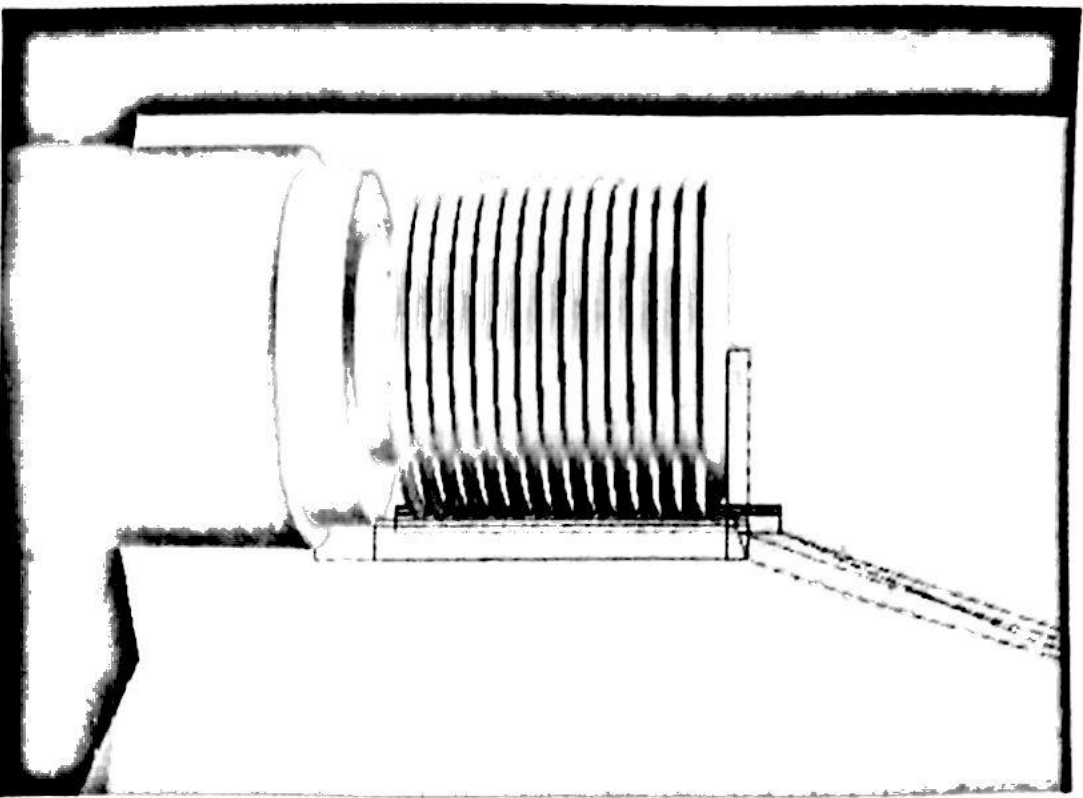
参考程序	
O0002;	程序名
N10 G97 G99;	主轴速度单位定义、刀具进给单位定义
N20 M03 S500;	主轴转向、转速定义
N30 G00 X100 Z100;	安全换刀点
N40 T0101;	选择1号刀具
N50 G00 X37 Z2;	加工循环起点
N60 G94 X0 Z0 F0.15;	端面车削
N70 G90 X30 Z-43 F0.25;	第一次车削直径30的外圆
N70 X25 Z-35 F0.25;	第一次车削直径20的外圆
N80 X20;	第二次车削直径20的外圆
N90 X19.87;	车削M20×1螺纹的顶径
N100 G00 X100 Z100;	安全换刀点
N110 T0202;	选择2号刀具(刀宽3mm)
N120 G00 X25 Z2;	接近工件并检验2号刀具对刀正确性
N130 G00 X25 Z-35;	快速定位到切槽起点
N140 G75 R1;	循环切槽
N150 G75 X16 Z-33 P3000 Q800 F0.1;	循环切槽
N160 G00 X100 Z100;	返回安全换刀点
N170 T0303;	选择3号刀具
N180 G00 X19.3 Z5;	螺纹加工切入(第一次切削)
N190 G32 X19.3 Z-33 F1;	螺纹加工切削(第一次切削)
N200 G01 X26 Z-33;	螺纹加工退刀(第一次切削)
N210 G00 X26 Z5;	螺纹加工返回(第一次切削)
N220 G00 X18.9 Z5;	螺纹加工切入(第二次切削)
N230 G32 X18.9 Z-33 F1;	螺纹加工切削(第二次切削)
N240 G01 X26 Z-33;	螺纹加工退刀(第二次切削)
N250 G00 X26 Z5;	螺纹加工返回(第二次切削)
N260 G00 X18.7 Z5;	螺纹加工切入(第三次切削)
N270 G32 X18.7 Z-33 F1;	螺纹加工切削(第三次切削)
N280 G01 X26 Z-33;	螺纹加工退刀(第三次切削)
N290 G00 X26 Z11;	螺纹加工返回(第三次切削)
N300 G00 X100 Z100;	返回安全换刀点
N310 M05;	主轴停止
N320 M30;	程序结束

2. 用G92编写螺纹段加工程序

零件图



G92车削螺纹轨迹仿真图



参考程序

O0011;	程序名
N10 G97 G99;	主轴速度单位定义、刀具进给单位定义
N20 M03 S500;	主轴转向、转速定义
N30 G00 X100 Z100;	安全换刀点
N40 T0101;	选择1号刀具
N50 G00 X37 Z2;	加工循环起点
N60 G94 X0 Z0 F0.15;	端面车削
N70 G90 X31 Z-40 F0.25;	第一次车削直径30的外圆
N80 X29.74 Z-34;	车削M30×2螺纹的顶径
N90 G01 X25.74 Z0 F0.15;	倒角起点
N100 X29.74 Z-2;	车倒角
N110 G00 X100 Z100;	安全换刀点
N120 T0202;	选择2号刀具（4mm）
N130 G00 X32 Z2;	接近工件并检验2号刀具对刀正确性
N140 G00 X32 Z-34;	快速定位到切槽起点
N150 G75 R0.5;	循环切槽
N160 G75 X20 Z-34 P3000 Q800 F0.1;	循环切槽
N170 G00 X100 Z100;	返回安全换刀点
N180 T0303;	选择3号刀具
N190 G00 X32 Z5;	螺纹加工循环起点
N200 G92 X29.1 Z-32 F2;	螺纹第一次车削
N210 X28.5;	螺纹第二次车削
N220 X27.9;	螺纹第三次车削
N230 X27.5;	螺纹第四次车削
N240 X27.4;	螺纹第五次车削

续表

N250 G00 X100 Z100;	返回安全换刀点
N260 M05;	主轴停止
N270 M30;	程序结束

3. 加工

在FANUC 0i数控车床上加工如图2-57所示零件，材料为45钢，毛坯为 $\Phi 35\text{mm} \times 100\text{mm}$ ；要求车端面，车M30螺纹大径，切槽，车螺纹，切断。

(1) 根据零件图确定加工工艺路线。

- ①车端面。
- ②车M30螺纹大径。
- ③车 $\Phi 20 \times 4$ 槽。
- ④车 $M30 \times 2$ 螺。
- ⑤切断。

(2) 选择刀具。

- ① 90° 外圆车刀 T0101：用于车端面、螺纹大径。
- ②切断刀（宽4mm）T0202：用于切槽和切断。
- ③螺纹刀T0303：用于车螺纹。

(3) 切削用量确定。

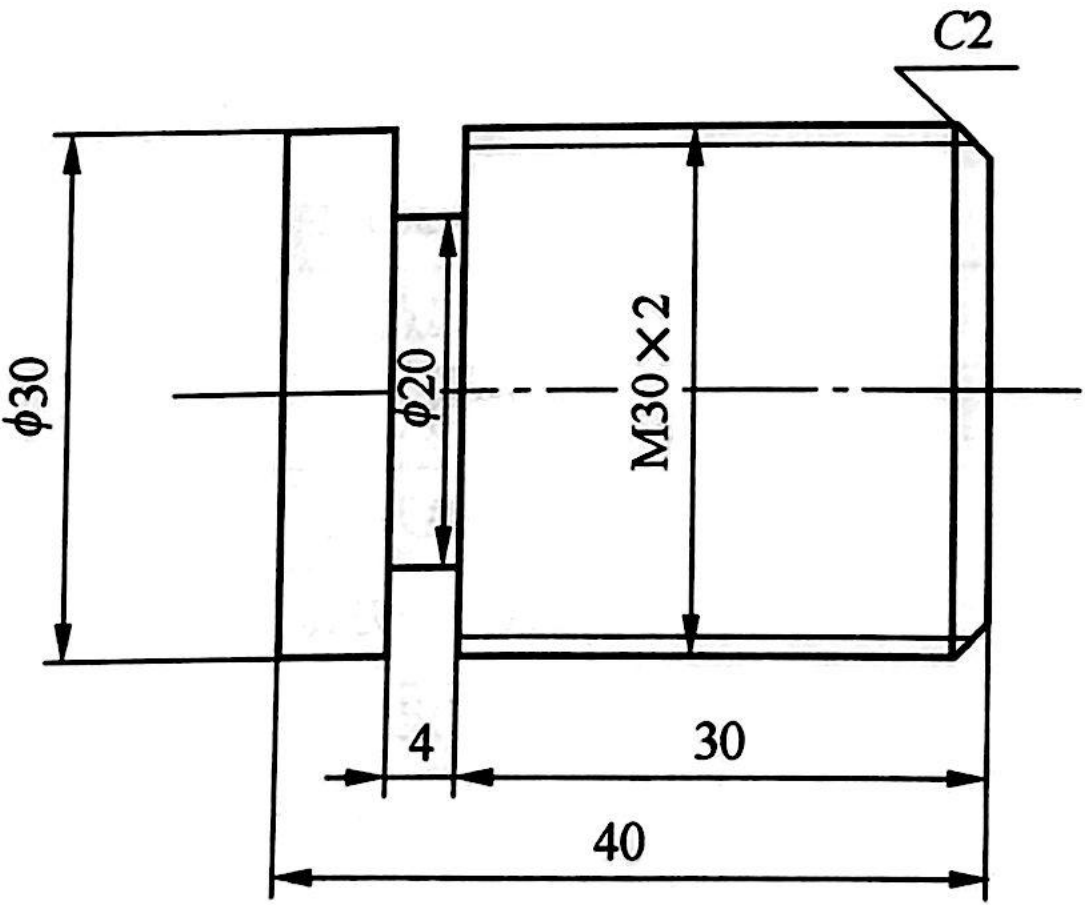
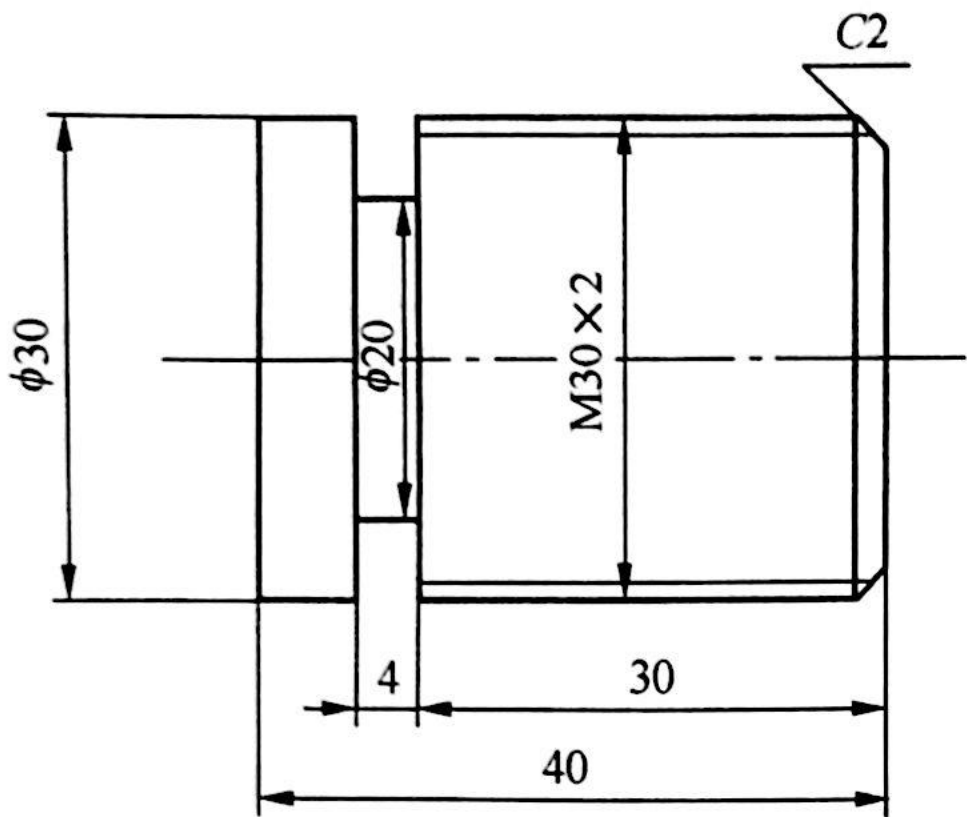


图 2-57 零件图

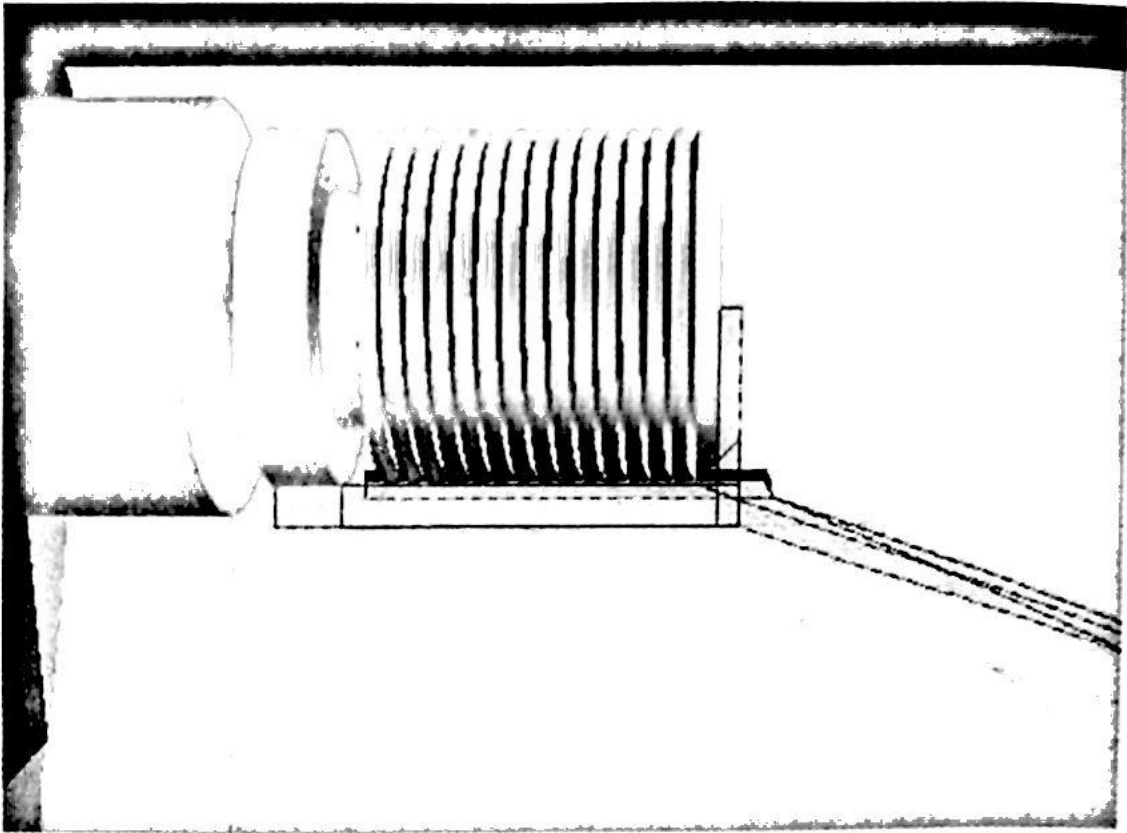
加工内容	主轴转速 S (r/min)	进给速度 F (mm/r)
车端面、螺纹大径	800	0.15
切 $\Phi 20$ 槽、切断	300	0.1
车M30螺纹	400	2

(4) 用G76指令编程。

零件图



仿真图



参考程序

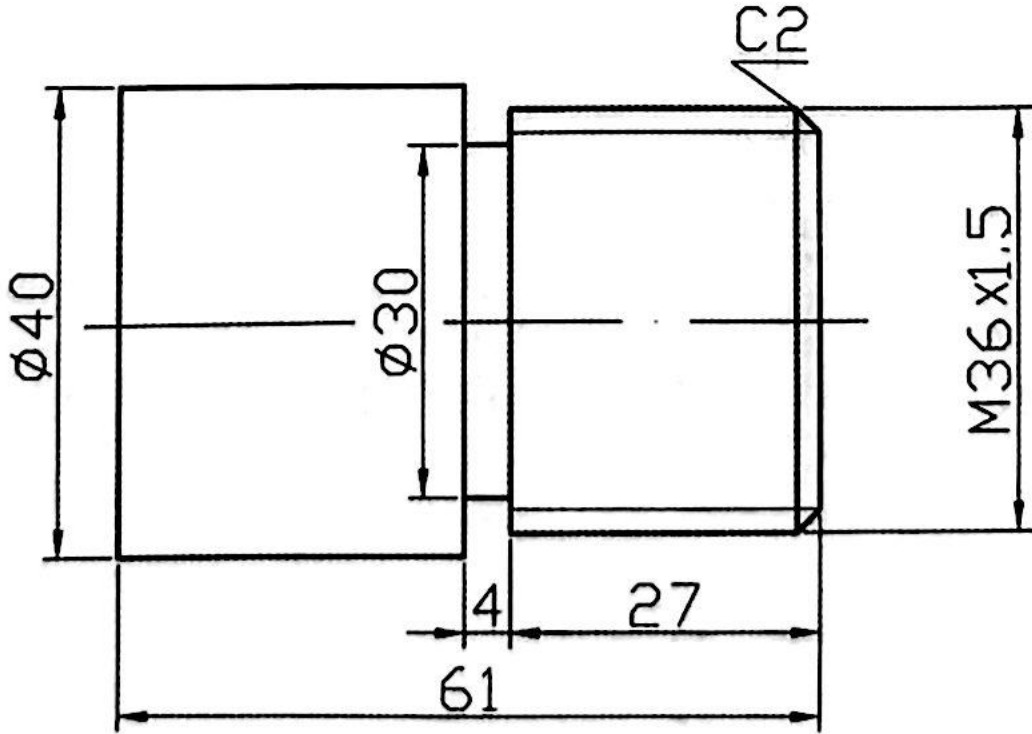
O0012;	程序名
N10 G97 G99;	主轴速度单位定义、刀具进给单位定义
N20 M03 S800;	主轴转向、转速定义
N30 G00 X100 Z100;	安全换刀点
N40 T0101;	选择1号刀具
N50 G00 X37 Z2;	加工循环起点
N60 G94 X0 Z0 F0.15;	端面车削
N70 G90 X31 Z-40 F0.25;	第一次车削直径30的外圆
N80 X29.74 Z-34;	车削M30×2螺纹的顶径
N90 G01 X22 Z2 F0.25;	倒角起点
N100 G01 X29.74 Z-2 F0.25;	车倒角
N110 G00 X100 Z100;	安全换刀点
N120 T0202;	选择2号刀具
N130 G00 X37 Z2 S300;	2号刀定位，转速300r/min
N140 Z-34;	定位至切槽起点
N150 G01 X20 F0.05;	切槽加工
N160 X32;	切槽退刀
N170 G00 X100 Z100;	刀具回换刀点
N180 T0303 S400;	调用3号刀（螺纹刀），转速400r/min
N190 G00 X32 Z5;	刀具定位到循环起点
N200 G76 P010060;	螺纹车削循环
N210 G76 X27.4 Z-32 P1299 Q400 F2;	螺纹车削循环

续表

N220 G00 X100 Z100;	刀具回换刀点
N230 T0202;	调用2号刀（切断刀）
N240 M03 S300;	转速300r/min
N250 G00 X37;	切断刀X方向定位
N260 Z-44;	切断刀Z方向定位
N270 G01 X1 F0.05;	切断
N280 G00 X100 Z100;	刀具回换刀点
N290 M05;	主轴停止
N300 M30;	程序结束

二、任务实施



项目二		任务 6		日期	
班级		姓名		学号	
团队成员					
一、 基本任务	按数控编程格式要求，选用合适的数控指令完成如图2-58所示的数控程序编制，并完成数控仿真加工  图 2-58 练习题图				

续表

二、
拓展任务

按数控编程格式要求，选用合适的数控指令完成如图2-59所示的数控程序编制，并完成数控加工

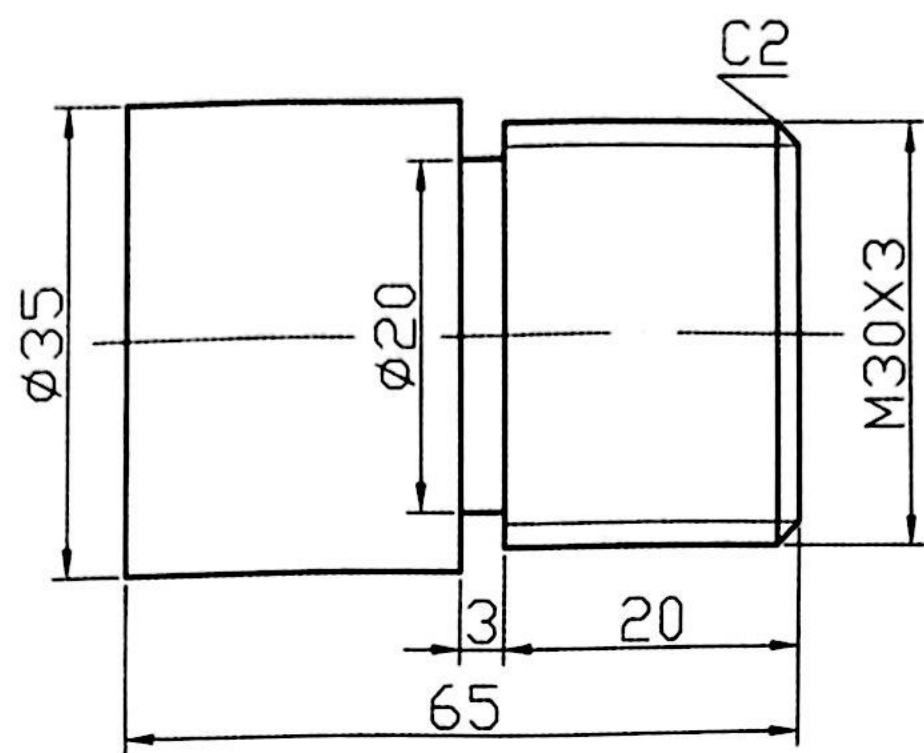


图 2-59 螺纹轴

三、基本任务完成情况记录

1. 检查刀具选择是否正确	是 ☐	否 ☐
2. 检查指令选择是否合理	是 ☐	否 ☐
3. 检查指令格式是否正确	是 ☐	否 ☐
4. 检查切削参数是否合理	是 ☐	否 ☐
5. 检查程序格式是否正确	是 ☐	否 ☐
6. 检查程序是否完整	是 ☐	否 ☐
7. 检查工艺是否合理	是 ☐	否 ☐

四、拓展任务完成情况记录

1. 检查刀具选择是否正确	是 ☐	否 ☐
2. 检查刀具安装是否合理	是 ☐	否 ☐
3. 检查毛坯安装是否合理	是 ☐	否 ☐
4. 检查对刀是否正确	是 ☐	否 ☐
5. 检查程序是否正确	是 ☐	否 ☐
6. 检查尺寸是否正确	是 ☐	否 ☐
7. 检查操作是否规范	是 ☐	否 ☐

五、操作展示与汇报

1. 小组成员自查和互查进行补充完善
2. 各小组推荐成员进行操作展示
3. 各小组进行质量检测、废品分析

六、总结评价

序号	评价项目	配分	自评分	组长评分	教师评分	备注
1	刀具安装	15				
2	操作规范	20				
3	基本任务	20				
4	拓展任务	15				
5	操作展示	10				

续表

6	劳动纪律	5				
7	积极主动	5				
8	钻研精神	5				
9	团结协作	5				
合计		100				
综合得分=自评分×20%+组长评分×20%+教师评分×60%=						
七、学习反思						
(本次任务中,你掌握得最好的技能或知识点是什么?在编程、仿真或加工操作中,你遇到的主要困难是什么?是如何解决的?在操作规范或安全方面,有哪些需要特别注意或改进的地方?通过小组协作,你有哪些收获?)						

知识检测

一、单选题

1. 在FANUC Oi数控车削系统的螺纹编程指令中, G32 X (U) Z (W) F指令里的U、W代表的含义是 ()。
- A. 绝对坐标值B. 工件坐标系的原点坐标C. 相对坐标 (增量) 值D. 螺纹导程的补偿值
2. 加工M30×2的普通外螺纹时, 其螺纹小径的计算结果最接近以下哪个数值 (普通螺纹牙型角60°, 不考虑螺纹公差)? ()
- A. 27.4mmB. 28mmC. 29mmD. 30mm
3. FANUC Oi系统中G76 P (m) (r) (a) Q (Δd_{min}) R (d) 指令里, 参数a的含义是 ()。
- A. 精车次数B. 螺纹牙型角C. 最小切削深度D. 螺纹导程

二、多选题

1. 在FANUC Oi数控车削系统的螺纹加工中, 关于G76指令参数P(m)(r)(a)的描述, 下列说法正确的有 ()。
- A. m代表螺纹的精车次数, 为模态值B. r代表螺纹的收尾长度, 可按螺纹导程的倍数设定C. a代表螺纹的牙型角, 常用取值为60° (普通三角螺纹)D. a代表螺纹的精车余量, 单位为mm
2. 数控车床车削螺纹时, 为保证螺纹导程的准确性和加工质量, 下列措施正确的有 ()。
- A. 主轴需配备位置编码器实现主轴与进给轴的同步控制B. 螺纹加工前后分别设置空刀进入量L₁和空刀退出量L₂

- C. 加工大螺距螺纹优先采用G76的斜进式进刀方式
- D. G92螺纹循环指令中F参数需设定为螺纹的牙型高度

三、判断题

1. 数控车床加工螺纹的前提条件是主轴需配备位置编码器，实现主轴转速与刀具进给的同步控制。 ()
2. FANUC 0i系统中G76指令为大螺距螺纹加工指令，其采用径向直进式进刀方式，可有效保护刀具。 ()
3. 车削螺纹时，为防止产生非定值导程螺纹，仅需在螺纹前端设置空刀进入量 L_1 即可，无须设置空刀退出量。 ()

学习拓展

螺纹数控加工：环环相扣的精密艺术

螺纹，这螺旋上升的几何奇迹，是力与美的结合，更是精度与可靠性的试金石。从支撑摩天巨构的钢结构，到驱动精密仪器的微型丝杠，从保障安全的压力容器，到传递动力的动力核心，无不依赖着螺纹的完美啮合。一丝一毫的偏差，都可能让这精妙的“环扣”失效，轻则松动异响，重则酿成事故。

不同的数控系统有着相同的螺纹加工功能，但是却有着不一样的螺纹加工指令。下面介绍华中数控系统HNC-808DiT车床数控系统螺纹加工指令。

1. 螺纹切削循环 (G82)

指令格式：G82 X_/_U_ Z_/_W_ I_ R_ E_ C_ P_ F_

参数含义如下：

X/Z——绝对值编程时，为螺纹终点C在工件坐标系下的坐标；

U/W——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，图形中用U、W表示；

I——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），直螺纹此参数可以不写；

R、E——螺纹切削的退尾量，R、E均为向量，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——螺纹头数，为0或1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（缺省值为0）；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；

F——螺纹导程（mm/r）。

该循环执行如图2-60所示A→B→C→D→A的轨迹动作。

2. 螺纹切削复合循环 (G76)

螺纹加工为成型加工, 每刀切削量不可太大, 故加工一个螺纹零件, 常需求多次往复加工方可完成。该指令可用1个循环指令, 实现多次螺纹往复运动, 最终完成螺纹零件的加工, 其轨迹包括多次粗加工和至少一次精加工。如图2-61所示, 每次往复有4段轨迹:

第一段轨迹A→B, R快速进给;

第二段轨迹B→C, F快速螺纹进给;

第三段轨迹C→D, R快速进给 (含e、r退尾轨迹);

第四段轨迹D→A, R快速进给。

指令格式: G76 C(c) R(r) E(e) A(a) X(x) Z(z) I(i) K(k) U(d) V($\Delta d_{\min}$)
Q(Δd) P(p) F

参数含义如下:

C——精整次数 ($c=1 \sim 99$), 为模态值;

R——螺纹Z向退尾长度 (r值的正负, 确定Z轴退尾方向), 为模态值;

E——螺纹X向退尾长度 (e值的正负, 确定X轴退尾方向), 为模态值;

A——刀尖角度 (a值为二位整数), 为模态值; 取值要大于 10° , 小于 80° ;

X/Z——绝对值编程时, 为有效螺纹终点C的坐标 (G90定义为绝对编程); 增量值编程时, 为有效螺纹终点C相对于循环起点A的有向距离;

I——螺纹切削起点相对切削终点的半径差 (i值为半径值, 其正负确定锥度方向); 直螺纹时 $i=0$, 常规锥螺纹i为负;

K——螺纹切削高度 (k值为半径值, 一般取螺纹牙型高度);

U——精加工余量 (d值为半径值);

V——最小切削深度 ($\Delta d_{\min}$ 值为半径值); 当第n次切削深度, 小于 $\Delta d_{\min}$ 时, 则切削深度设定为 $\Delta d_{\min}$;

Q——第一次切削深度 (Δd 值为半径值);

P——主轴基准脉冲处距离切削起始点的主轴转角;

F——螺纹导程 (同G32), F代表公制。

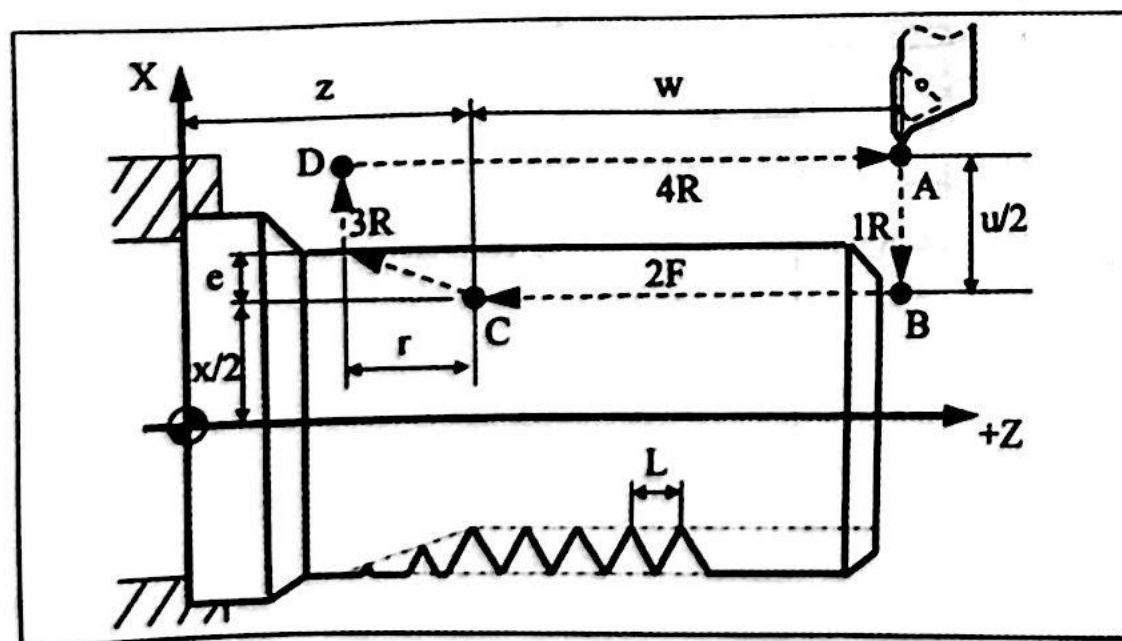


图 2-60 螺纹切削循环 G82 轨迹图

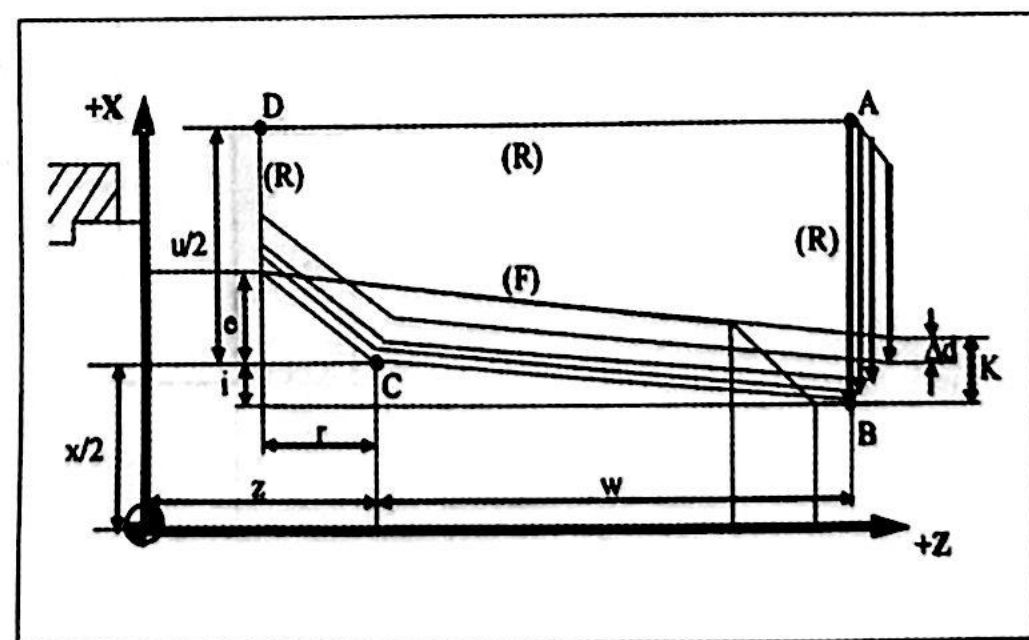


图 2-61 螺纹切削复合循环 G76 轨迹图