

技术能手： 数控车床中级技能

项目七 螺纹轴的编程与加工

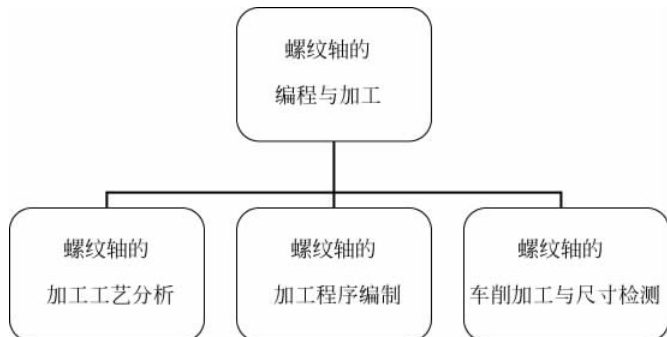


学习目标

- (1) 分析螺纹轴的加工特点,制订出螺纹轴的车削加工工艺方案;
- (2) 根据零件图和工艺方案要求,正确地选择和使用车削刀具;
- (3) 运用螺纹切削循环指令 G82 和 G76 编制螺纹加工程序;
- (4) 遵守机床操作规程,按零件图纸要求车削加工出合格的螺纹轴零件;
- (5) 正确使用量具进行外螺纹尺寸精度的检测和质量分析。



内容结构



任务一 螺纹轴的加工工艺分析



知识链接

螺纹车削是数控车床的主要加工任务。螺纹的形成是刀具的直线移动与主轴旋转运动按严格的比例同时运动形成的,刀具即在工件轮廓上按设定的螺旋轨迹切削形成螺旋槽。螺纹刀具属于成形刀,螺距和尺寸精度受机床精度影响,牙型精度则由刀具精度保证。

1. 螺纹的牙型规格及相关几何参数

1) 螺纹的常见牙型规格

按螺牙的形状的不同,给螺纹分成了各种牙型。常见螺纹的牙型如图 7-1 所示。

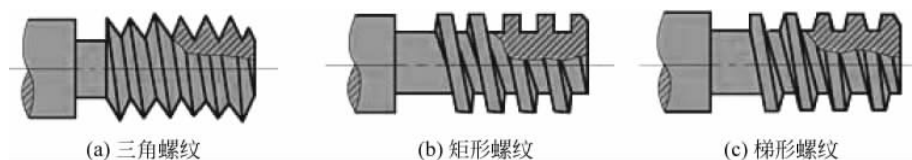


图 7-1 常见螺纹牙型

按螺纹在零件中的部位分类有柱面螺纹、锥面螺纹和端面螺纹等,牙型角 α 是指在螺纹相邻两牙侧间的夹角。普通三角螺纹牙型角为 60° ,英制螺纹牙型角为 55° ,梯形螺纹牙型角为 30° 。

2) 普通螺纹的牙型参数

如图 7-2 所示,在三角螺纹的理论牙型中各参数说明如下。

$D(d)$: 公称直径,它是螺纹大径的基本尺寸,也称外螺纹顶径(D)或内螺纹底径(d)。

$D_1(d_1)$: 螺纹小径,也称外螺纹底径(D)或内螺纹顶径(d)。

$D_2(d_2)$: 螺纹中径,它是一个假想圆柱的直径。该圆柱剖切面牙型的沟槽和凸起宽度相等。

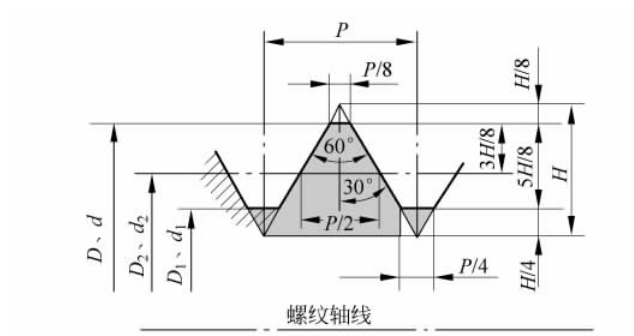


图 7-2 普通螺纹的几何参数

P ：螺距，它是螺纹上相邻两牙在中径上对应点间的轴向距离。

L ：导程，它是同一条螺旋线上相邻在中径上对应点间的轴向距离。

H ：理论牙型高度，它是在螺纹牙型上牙顶到牙底之间，垂直于螺纹轴线的距离。

2. 螺纹加工尺寸分析与螺纹切削用量选用

(1) 外直螺纹加工相关尺寸计算。车螺纹时，零件材料因受车刀挤压而使外径胀大，因此螺纹部分的零件外径应比公称直径小 $0.2 \sim 0.4\text{mm}$ 。可按经验公式取 $d_{\text{计}} = d - 0.12P$ 。

(2) 普通螺纹牙型如图 7-3 所示。在实际加工中，为便于计算，可不考虑螺纹刀的刀尖半径 r 的影响，通常取螺纹实际牙高 $h_{\text{实}} = 0.65 \times P$ ，螺纹实际小径 $d_{1\text{计}} = d - 2h_{\text{实}} = d - 1.3 \times P$ 。

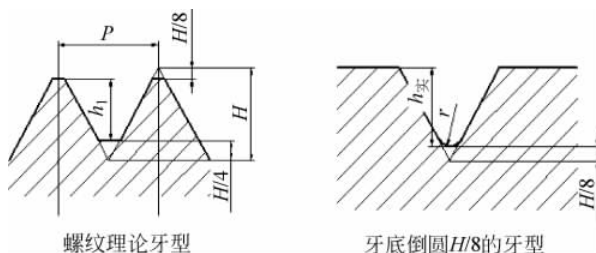


图 7-3 螺纹的牙高

螺纹参数计算案例：车削如图 7-4 所示的零件中的 $M30 \times 2$ 外螺纹，材料为 45 钢。试计算实际车削时的外径 $d_{\text{计}}$ 及螺纹实际小径 $d_{1\text{计}}$ 。

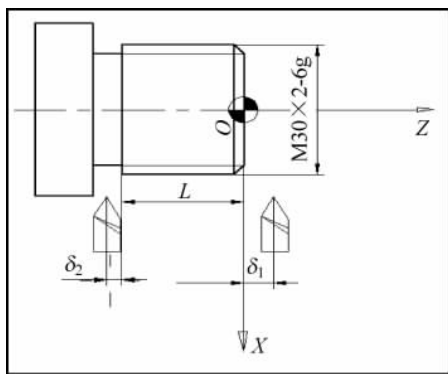


图 7-4 螺纹的加工参数

解：根据上述分析，其相关计算如下。

实际车削时的直径为

$$d_{\text{计}} = d - 0.12P = (30 - 0.12 \times 2)\text{mm} = 29.76\text{mm}$$

螺纹实际牙高为

$$h_{\text{实}} = 0.65P = 0.65 \times 2\text{mm} = 1.3\text{mm}$$

螺纹实际小径为

$$d_{1\text{计}} = d - 2h_{\text{实}} = (30 - 1.3 \times 2)\text{mm} = 27.4\text{mm}$$

(3) 螺纹起点与螺纹终点轴向尺寸的确定。如图 7-4 所示,在数控车床上车螺纹时,由于机床伺服系统本身具有滞后特点,会在螺纹起始段和停止加工段产生螺距不规则现象,所以实际加工螺纹长度应包括切入空行程量 δ_1 和切出空行程量 δ_2 。

一般切入空行程量为 2~5mm,大螺距和高精度的螺纹取大值,切出空行程量一般为退刀槽宽度的一半,取 1~2 倍的螺距长度。

(4) 外螺纹的加工方法如图 7-5 所示。

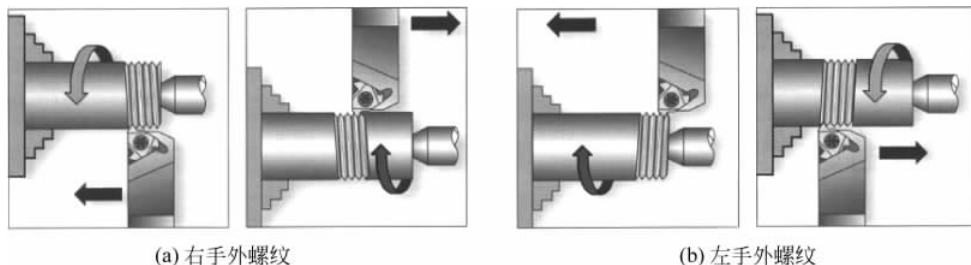


图 7-5 外螺纹的加工方法

(5) 切削用量的选用。

① 主轴转数 n 。在数控车床上加工螺纹,主轴的转速受数控系统、螺纹导程、刀具、材料等多种因素的影响,需根据实际加工条件和机床性能而定。大多数经济型数控车床车削螺纹时,推荐主轴转数为 $n \leq 1200/P - K$ 。式中: P 为零件的螺距; K 为保险系数; n 为主轴转数,单位为 r/min。

② 背吃刀量 a_p 。进刀方法的选择如下。

直进法(如图 7-6(a)所示)适用于一般的螺纹切削,加工螺距小于 3mm 的螺纹。

斜进法(如图 7-6(b)所示)用于加工工件刚性低、易振动的场合,加工螺纹螺距 $P \geq 3\text{mm}$ 。

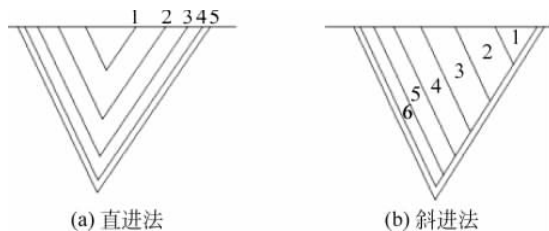


图 7-6 进刀方法选择

加工螺纹时,背吃刀量应遵循后一刀相对前一刀递减的分配方式。用硬质合金螺纹车刀时,最后一刀的背吃刀量不能小于 0.05mm。常用螺纹的进给次数与背吃刀量的关系如表 7-1 所示。

表 7-1 常用螺纹切削的背吃刀量(Δd)与进给次数关系表 单位：mm

螺 距		1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5
牙深(Δr)		0.649	0.974	1.299	1.624	1.949	2.273
背吃刀 量与进 给次数	第 1 次	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.5
	第 2 次	0.4	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7
	第 3 次	0.2	0.4	0.6	0.6	0.6	0.6
	第 4 次		0.16	0.4	0.4	0.4	0.6
	第 5 次			0.1	0.4	0.4	0.4
	第 6 次				0.15	0.4	0.4
	第 7 次					0.2	0.2
	第 8 次						0.15

注意：也可以根据切削条件适当增加进给次数,但应保持背吃刀量逐次减少的趋势,实际加工中,最后一次的背吃刀量甚至可以为零,以切除工件的弹性变形量。

任务实施

图 7-7 所示为螺纹轴零件图,根据该图完成下列任务。

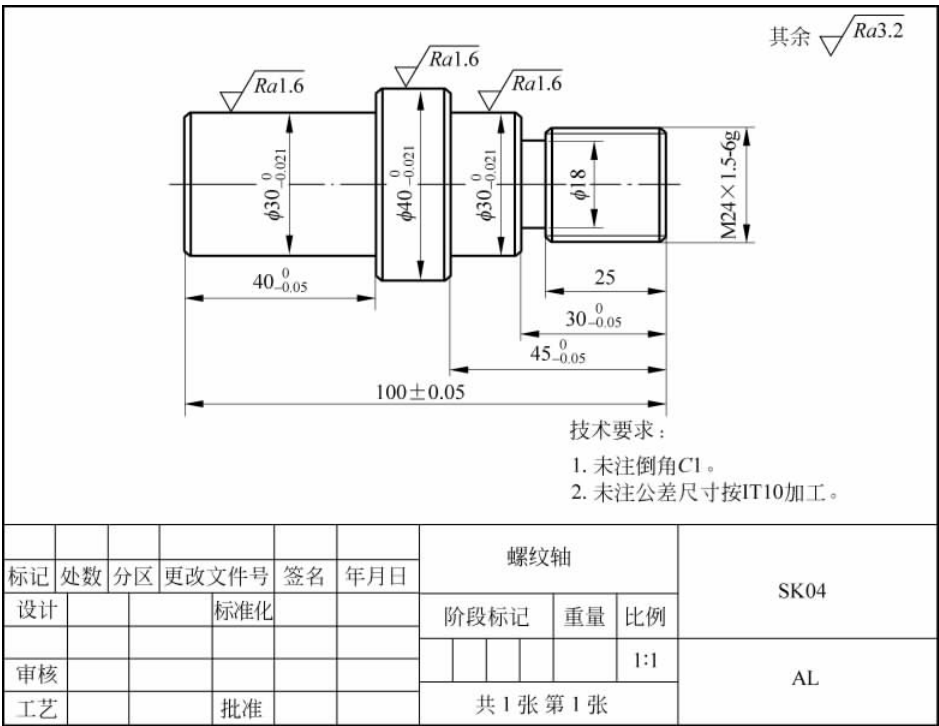


图 7-7 螺纹轴零件图

1. 螺纹轴零件的结构特点分析

分析零件图 7-7, 根据图 7-7 提供的信息选出表 7-2 中该零件所具有的结构。

表 7-2 螺纹轴的结构特点

零件特征	请选择(√)	零件特征	请选择(√)
圆柱面		倒角	
外圆锥面		圆弧面	
内圆锥面		圆角	
外螺纹		沟槽	

2. 螺纹轴零件的加工精度分析

螺纹轴零件的加工精度主要包括尺寸精度、形状精度和位置精度, 请根据零件图纸, 将螺纹轴的尺寸精度和表面质量要求填写在表 7-3 中。

表 7-3 螺纹轴零件加工精度

类别	尺寸值	尺寸精度要求	表面粗糙度
长度尺寸			
直径尺寸			
螺纹尺寸			

螺纹轴零件的其他技术要求, 零件名称: _____, 零件材料: _____. 在图纸中还有一些对零件制造的其他要求, 请在图纸的技术要求中找出未注倒角是 _____, 未注公差标准是 _____。

3. 螺纹轴零件车削方案分析

1) 分析螺纹轴加工方法

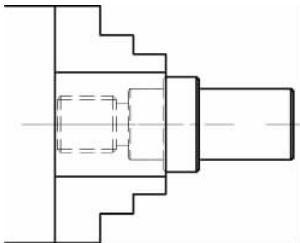
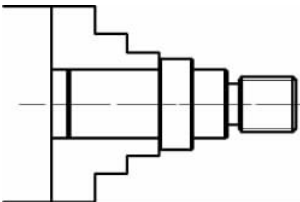
螺纹轴零件的外形结构由端面、圆柱面、外圆槽和外螺纹组成, 属于外轮廓加工表面。表面加工方法的选择根据零件外形轮廓和尺寸精度的要求选定, 分别由外圆车刀、切槽刀具和外螺纹车刀进行零件轴的粗精加工。

2) 确定螺纹轴的加工工序

根据零件的结构特点, 右端是一个阶梯、外圆窄槽和螺纹, 左端是一个长阶梯, 故而无法在一次装夹中完成加工。所以在完成一端后, 需要调头加工, 即安排两道工序。而零件左端有光整长外圆可以供调头加工时装夹用, 所以螺纹轴零件考虑先加工左端, 后加工右端。

请参考前面学习项目的数控车削方案完成表 7-4 所示的螺纹轴数控车削方案。

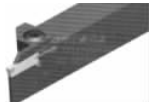
表 7-4 螺纹轴数控车削方案

工序	加工简图	工序内容
1		(1) 三爪卡盘装夹零件,粗、半精车零件 $\phi 30\text{mm}$ 、 $\phi 40\text{mm}$ 外圆柱 (2) 精车 $\phi 30\text{mm}$ 、 $\phi 40\text{mm}$ 外圆,保证精度
2		(1) 调头,三爪卡盘夹持 $\phi 30\text{mm}$ 外圆,车端面保证零件总长 (2) 粗车、半精车螺纹轴 $\phi 30\text{mm}$ 外圆和螺纹大径 (3) 精车螺纹轴 $\phi 30\text{mm}$ 外圆,保证精度 (4) 外圆槽刀粗精车 $\phi 18 \times 5\text{mm}$ 外圆直槽,保证槽的深度和宽度 (5) 螺纹车刀粗精车 $M24 \times 1.5\text{-}6\text{g}$ 外螺纹

4. 刀具的选择

不同的零件结构需要选用不同的切削刀具,而不同的切削刀具将会影响零件的生产效率和质量,选择表 7-5 中的螺纹轴加工的切削刀具。

表 7-5 数控加工刀具选择

实训项目		零件名称					
序号	刀具号	刀具名称	刀片规格	数量	加工表面	数量	备注
1							
2							
3							

5. 切削用量的选择

根据所选择的刀具、机床、材料,确定螺纹轴的切削深度 a_p 、主轴转速 n 和进给速度 f ,填表 7-6。

加 工 项 目	加 工 方 式	a_p/mm	$n/(\text{r}/\text{min})$	$f/(\text{mm}/\text{r})$
外圆	粗车			
	精车			
外圆槽	粗车			
	精车			
外螺纹	粗精车			

通过对螺纹轴零件的系列分析,完成对表 7-7 的螺纹轴零件数控加工工艺方案卡片的填写。

[illegible]

知识链接

(a) 梯形螺纹刀片 (b) 三角螺纹刀片

图 7-8 螺纹刀片

以需要特定的螺纹加工循环指令。这些指令的详细用法说明如下。

1. 单行程螺纹切削指令 G32

指令格式：G32 X(U)___ Z(W)___ F___；

参数说明：

- (1) X、Z 为螺纹终点的 X、Z 向坐标,单位: mm。
- (2) U、W 为螺纹编程终点相对于编程起点的 X、Z 相对坐标,单位: mm。
- (3) F 为螺纹导程,单位: mm。

X 省略时为圆柱螺纹切削,Z 省略时为端面螺纹切削。

单行程螺纹切削指令 G32 的表示如图 7-9 所示。

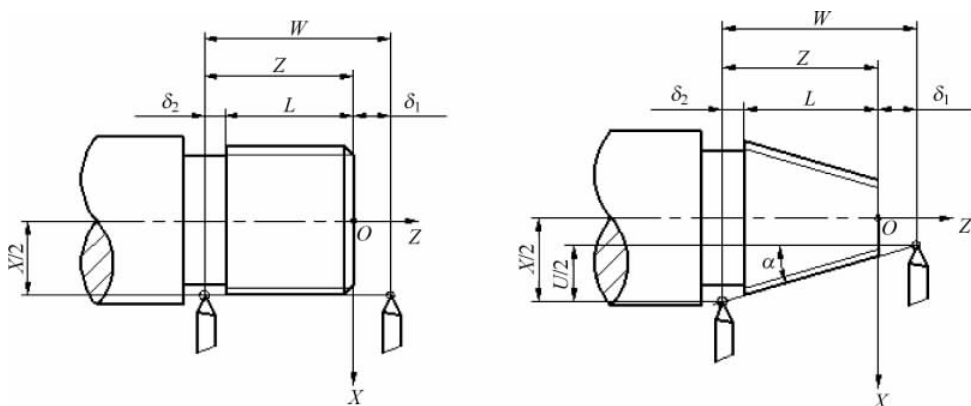


图 7-9 单行程螺纹切削指令 G32

功能：用 G32 指令可加工固定导程的圆柱螺纹或圆锥螺纹,也可以用于加工端面螺纹。

注意事项：

- (1) G32 进刀方式为直进式；
- (2) 切削斜角 α 在 45° 以下的圆锥螺纹时,螺纹导程以 Z 方向为指定方向；
- (3) 螺纹切削时不能用主轴速度恒定指令 G96；

(4) G32 的切削路径如图 7-10 所示。图中,A 点是螺纹加工的起点,B 点是螺纹切削指令 G32 的起点,C 点是螺纹切削指令 G32 的终点。①是用 G00 进刀,②是用 G32 车螺纹,③是用 G00 X 向退刀,④是用 G00 Z 向返回 A 点。

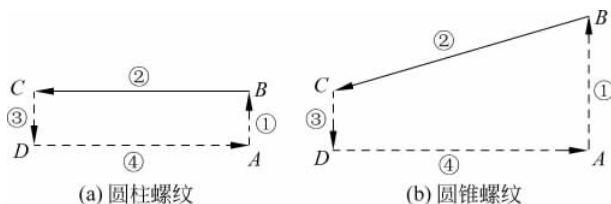


图 7-10 单行程螺纹切削指令 G32 进刀路径

应用举例：如图 7-11 所示,螺纹外径已车至直径 29.8mm, 4×2 的退刀槽已加工,零件材料为 45 钢。用 G32 编制该螺纹的加工程序。

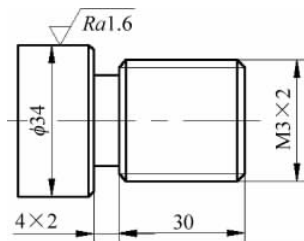


图 7-11 圆柱螺纹加工

(1) 螺纹加工尺寸计算。

螺纹实际牙型高度为

$$h_{1\text{实}} = 0.65P = 0.65 \times 2\text{mm} = 1.3\text{mm}$$

螺纹实际小径为

$$d_{1\text{计}} = d - 1.3P = (30 - 1.3 \times 2)\text{mm} = 27.4\text{mm}$$

升速进刀段和减速退刀段分别取

$$\delta_1 = 5\text{mm}, \quad \delta_2 = 2\text{mm}$$

(2) 确定切削用量,查表 7-1 得:双边切深为 2.6mm,分 5 刀切削,分别为 0.9mm、0.6mm、0.6mm、0.4mm 和 0.1mm,主轴转速 $n \leq 1200/P - K = (1200/2 - 80)\text{r/min} = 520\text{r/min}$,进给量 $f = P = 2\text{mm}$ 。

(3) 编程: G32 圆柱螺纹加工程序如下。

```

% 3;
N10    T0303 G99;           //换 3 号螺纹刀,执行 03 号刀补,设定转进给方式
N20    M03 S520;           //主轴正转,520r/min
N30    M08;                //切削液开
N40    G00 X32 Z5;         //螺纹加工起点
N50    X29.1;              //按螺纹大径 30mm 进第一刀,切深 0.9mm
N60    G32 X29.1 Z-28 F2.0; //螺纹车削第一刀,螺距 2mm
N70    G00 X32;            //X 向退刀
N80    Z5;                 //Z 向退刀
N90    X28.5;              //进第二刀,切深 0.6mm
N100   G32 X28.5 Z-28 F2.0; //螺纹车削第二刀
N110   G00 X32;            //X 向退刀
N120   Z5;                 //Z 向退刀
N130   X27.9;              //进第三刀,切深 0.6mm
N140   G32 X27.9 Z-28 F2.0; //螺纹车削第三刀
N150   G00 X32;            //X 向退刀
N160   Z5;                 //Z 向退刀
N170   X27.5;              //进第四刀,切深 0.4mm
N180   G32 X27.5 Z-28 F2.0; //螺纹车削第四刀
N190   X32;                //X 向退刀
N200   Z5;                 //Z 向退刀
N210   X27.4;              //进第五刀,切深 0.1mm
N220   G32 X27.4 Z-28 F2.0; //螺纹车削第五刀
N230   G00 X100;           //X 向退刀

```