

FANUC 0i 系统螺纹加工指令的应用

浦艳敏

辽宁石油化工大学

摘要:详细介绍了螺纹切削用量的计算方法和选择依据,并提供了有关的运算公式和图表。通过实例说明了各切削参数的运用和 FANUC 0i 数控系统各螺纹指令的编程方法。

关键词:FANUC 0i 系统;螺纹加工;切削用量;编程指令

中图分类号:TG519.1

文献标志码:A

Application of Programming Instructions in Turning Thread with FANUC 0i System

Pu Yanmin

Abstract: The calculation method and the choice basis of the parameters in cutting thread is introduced in detail, and the concerned computing formulas and charts are provided. With the programming examples, the application of the parameters and the programming of the thread cutting instructions are illustrated.

Keywords: FANUC 0i system; thread turning; cutting parameter; programming instruction

1 引言

在机械制造业中,带螺纹的零件是一种常见的紧固连接件,应用十分广泛。当工件旋转时,车刀沿零件轴线方向作等速移动形成螺旋线,经多次进给后形成具有牙型角的螺纹零件。因此,在加工螺纹零件时需保证螺纹的牙顶、牙底、牙型角和螺距的尺寸。

2 切削用量的选用

(1) 主轴转速 n

在数控车床上加工螺纹,主轴转速受数控系统、螺纹导程、切削刀具、零件尺寸与材料等多种因素影响。不同的数控系统,有不同的推荐主轴转速范围。操作者在仔细查阅说明书后,可根据实际情况选用。大多数经济型数控车床车削螺纹时,推荐主轴转速为

$$n \leq 1200/P - K$$

式中, n 为主轴转速(r/min); P 为螺距(mm); K 为保险系数,一般取 $K = 80$ 。

(2) 背吃刀量 a_p

① 进刀方法的选择

在数控车床上加工螺纹的进刀方法通常有直进法和斜进法(如图 1 所示)。直进法适用于一般的螺纹切削,加工螺纹螺距 $P < 3\text{mm}$;斜进法适用于工件刚度低、易振动的加工场合,适于切削不锈钢等难加

工材料,加工螺纹螺距 $P \geq 3\text{mm}$ 。通常在螺距 $P \geq 3\text{mm}$ 时采用斜进法,以避免在车削大螺距螺纹时出现因双边切削刃参与工作致使切削力过大而损坏刀具的现象。

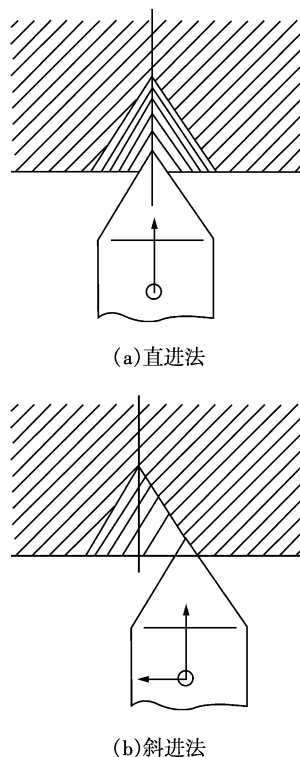


图 1 螺纹切削进刀方法

② 背吃刀量的选用及分配

加工螺纹时,应遵循后一刀的背吃刀量不能超过前一刀背吃刀量的原则,即采用递减的背吃刀量分配方式,否则会因切削面积的增加、切削力过大而

损坏刀具。但为了提高螺纹的表面粗糙度,采用硬质合金螺纹车刀时,最后一刀的背吃刀量不能小于0.1mm。切削常用螺纹的进给次数与背吃刀量的关系如表1所示。

表1 切削公制螺纹的进给次数与背吃刀量的关系

螺距(mm)	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	
牙深(mm)	0.649	0.974	1.299	1.624	1.949	2.273	2.598	
进刀次数及对应的背吃刀量(mm)	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
	8次						0.15	0.3
	9次							0.2

(3)进给量 f

①单线螺纹的进给量等于螺距,即 $f = P$ 。

②多线螺纹的进给量等于导程,即 $f = L = P$ 。

在数控车床上加工双线螺纹时,进给量为一个导程。常用的方法是车削第一螺纹后,轴向移动一个螺距(采用G01指令),再加工第二条螺纹(如图2所示)。

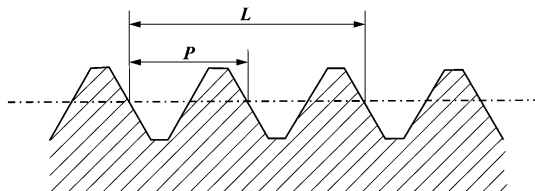


图2 双线螺纹导程与螺距

3 螺纹起点与螺纹终点轴向尺寸的确定

如图3所示,由于车削螺纹起始需要一个加速过程,结束前有一个减速过程,因此加工时两端必须设置足够的升速进刀段 δ_1 和减速退刀段 δ_2 。 δ_1 、 δ_2 的数值与螺纹的螺距和螺纹的精度有关,也可由经验公式计算得出,即

$$\delta_1 = \frac{SF}{1800} \times 3.605$$

$$\delta_2 = \frac{SF}{1800}$$

式中, S 为主轴转速(r/min); F 为螺纹导程。

实际生产中,一般 δ_1 值取 2-5mm,大螺距和高精度的螺纹取大值; δ_2 值不得大于退刀槽宽度,一

般约为退刀槽宽度的一半(1-3mm)。需要特别注意的是切槽刀的左刀刃不能和工件的右端面发生碰撞。若螺纹收尾处没有退刀槽,则收尾的形状与数控系统有关,一般按 45°退刀收尾。

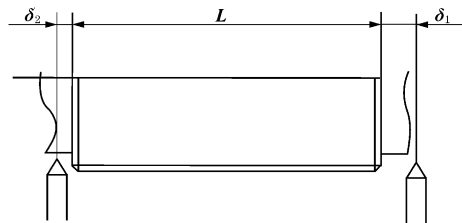


图3 螺纹加工的进刀和退刀

4 FANUC 0i 系统螺纹加工指令

在采用 FANUC 0i 系统的数控车床上加工螺纹,有三种加工编程指令:G32 直进式切削方法、G92 直进式切削方法和 G76 斜进式切削方法。由于选择的切削方法不同,编程方法不同,所造成的加工误差也不同,因此选用时要仔细分析指令的特点与区别,以便高效率地加工出满足精度要求的螺纹零件。

4.1 单行程螺纹切削指令 G32

G32 指令可以加工固定导程的圆柱螺纹、圆锥螺纹和端面螺纹。该指令可以执行单行程螺纹切削,车刀进给运动严格根据输入的螺纹导程进行。但是,车刀的切入、切出、返回均需编入程序。

(1)指令格式

加工端面螺纹:G32 X(U) _ F;

加工圆柱螺纹:G32 Z(W) _ F;

加工圆锥螺纹:G32 X(U) _ Z(W) _ F。

其中, X 、 Z 为指定螺纹终点的坐标值; U 、 W 为螺纹终点相对于螺纹起点的增量值; F 为螺纹的螺距。

(2)编程说明

① 采用 G32 加工螺纹时,进刀方式为直进式,两侧刀刃同时工作,切削力较大,排屑较困难。适合加工螺距 $P < 3\text{mm}$ 的小螺距螺纹,加工的牙型精度较高。

② 螺纹车削时,为保证正确的螺距,不能使用 G96 恒线速度控制指令。即从粗加工到精加工,主轴转速必须保持为一常数。否则,螺距将发生变化。

③ 车削锥面螺纹时,当斜角 a 在 45°以下,螺纹导程以 Z 轴方向指定; a 在 45°以上时,螺纹导程以 X 轴方向指定。

④ 采用 G32 加工螺纹时,由于刀具移动、切削均靠编程来完成,所以加工程序较长,刀刃容易磨

损,因此加工中要做到勤测量。

⑤ 加工多头螺纹时,在加工完一个头后,将车刀用 G00 或 G01 方式移动一个螺距,再按要求编程加工下一个头螺纹。

4.2 螺纹切削循环指令 G92

由于用 G32 指令加工螺纹时编程比较繁琐, FANUC Oi 数控系统支持另一种较简洁的螺纹编程方法,即螺纹切削循环指令 G92。G92 直进式切削方法简化了编程,较 G32 指令提高了加工效率,是切削圆柱螺纹和圆锥螺纹时使用最多的指令。刀具从起始点(即循环点)开始加工,加工圆柱螺纹时按矩形循环(如图 4 所示);加工圆锥螺纹时按梯形循环(如图 5 所示),最后回到循环起点。

(1)指令格式

加工圆柱螺纹: G92 X(U) _ Z(W) _ F;

加工圆锥螺纹: G92 X(U) _ Z(W) _ R _ F。

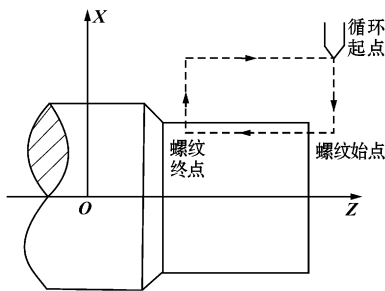


图 4 圆柱螺纹切削循环

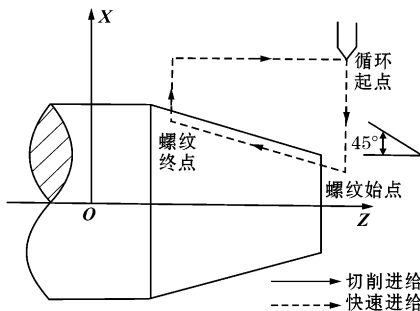


图 5 锥螺纹切削循环

(2)编程说明

① G92 指令用于单一循环加工螺纹,其循环路线与 G32 基本相同。循环路径中除车螺纹段为进给运动外,其他运动均为快速运动。

② G92 指令的进刀方式为直进法,适合加工螺距 $P < 3\text{mm}$ 的螺纹。

(3)实例

如图 6 所示,内螺纹的底孔已车到 $\phi 25\text{mm}$, C2 倒角及 $\phi 38$ 外圆已加工好,零件材料为 45 号钢。用 G92 指令编制该螺纹的加工程序。

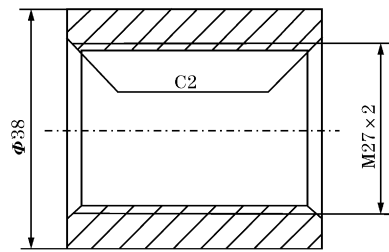


图 6 G92 指令加工实例

①螺纹加工尺寸计算

实际车削时内螺纹的底孔直径: $D_{1\text{计}} = D - P = 27 - 2 = 25\text{mm}$;

螺纹实际牙型高度: $h_{1\text{实}} = 0.65P = 0.65 \times 2 = 1.3\text{mm}$;

内螺纹实际大径: $D_{\text{计}} = D = 27\text{mm}$;

内螺纹小径: $D_1 = D - 1.3P = 27 - 1.3 \times 2 = 24.4\text{mm}$;

升速进刀段和减速退刀段分别取 $\delta_1 = 5\text{mm}$, $\delta_2 = 2\text{mm}$ 。

②确定切削用量

根据表 1 查得双边总切深为 2.6mm,分 5 刀切削,每刀切深分别为 0.9mm、0.6mm、0.6mm、0.4mm 和 0.1mm;主轴转速 $n \leq 1200/P - K = 1200/2 - 80 = 520\text{r/min}$,取 $n = 500\text{r/min}$;进给量 $f = P = 2\text{mm}$ 。

③编程

```
T0404
M03 S500;
M08;
G00 X23.0 Z5.0;
G92 X25.3 Z-42.0 F2.0;
X25.9;
X26.5;
X26.9;
X27.0;
X27.0;
G00 X100.0 Z100.0
M30;
```

4.3 螺纹切削复合循环指令 G76

G76 指令用于多次自动循环切削螺纹,切深和进刀次数等均可设置后自动完成。

(1)指令格式

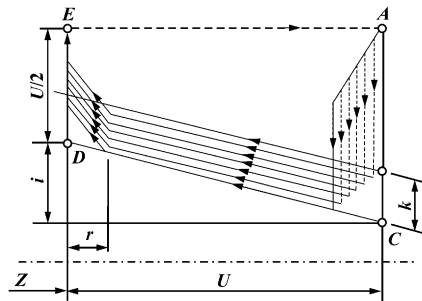
G76 P(m)(r)(a)Q(Δd_{min})R(d);

G76X(U)Z(W)R(i)P(k)Q(Δd)F(f)。

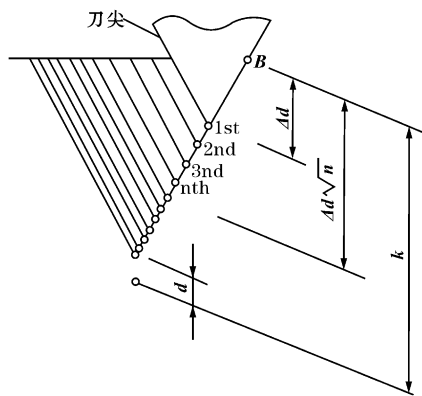
(2)指令轨迹及工艺说明

G76 螺纹切削复合循环轨迹如图 7a 所示。刀具从循环起点 A 点处以 G00 方式沿 X 向切深为 Δd ;再以螺纹切削方式切削至离 Z 向终点距离为 r

处,倒角退刀至 D 点,再 X 向退刀至 E 点,并返回 A 点,准备第二刀切削循环。如此分层切削循环,直至循环结束。



(a)多重循环路径



(b)单侧刀切入

图7 螺纹切削多重循环路径及进刀方式

(3) 实例

如图8所示,螺纹外径已车至 $\phi 35.7\text{mm}$,零件材料为45号钢。

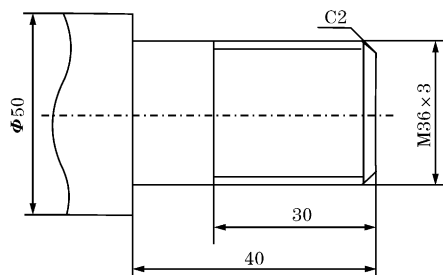


图8 G76指令加工实例

① 螺纹加工尺寸计算

实际车削时外圆柱面的直径: $d_{\text{计}} = d - 0.1P = 36 - 0.1 \times 3 = 35.7\text{mm}$;

螺纹实际牙型高度: $h_{\text{计}} = 0.65P = 0.65 \times 3 = 1.95\text{mm}$;

实际车削时螺纹小径: $d_{\text{计}} = d - 1.3P = 36 - 1.3 \times 3 = 32.1\text{mm}$;

升速进刀段取 $\delta_1 = 5\text{mm}$ 。

② 确定切削用量

精车重复次数: $m = 2$; 螺尾倒角量: $r = 1.2L$; 刀尖角度: $\alpha = 60^\circ$ (表示为 P021260);

最小车削深度: $\Delta d_{\text{min}} = 0.2\text{mm}$ (表示为 Q200);

精加工余量: $d = 0.1\text{mm}$ (表示为 R0.1);

螺纹起始和终止点的半径差: $i = 0$ 。

螺纹高度: $k = 1.95\text{mm}$ (表示为 P1950);

第一刀的切削深度: $\Delta d = 0.6\text{mm}$ (表示为 Q600);

主轴转速: $n \leq 1200/P - K = 1200/2 - 80 = 520\text{r/min}$, 取 $n = 500\text{r/min}$;

进给量: $f = P = 3\text{mm}$ 。

③ 编程

O0002

N10 G00 X100.0 Z100.0;

N20 T0404;

N30 M03 S500;

N40 M08;

N50 G00 X38.0 Z5.0;

N60 G76 P021260 Q200 R0.1;

N70 G76 X32.1 Z-30.0 P1950 Q600 F3.0;

N80 G00 X100.0 Z100.0;

N90 M30;

由于 G76 斜进式切削方法为单侧刃加工,且切削深度为递减式,因此刀具负载较小,排屑容易。但单侧刃加工时刀刃容易损伤,导致加工的螺纹面不直;或刀尖角发生变化,造成牙型精度较差等。因此,G76 斜进式切削方法一般用于大螺距螺纹加工。鉴于该方法加工时排屑容易,刀刃加工工况较好,在螺纹精度要求不高的情况下宜采用。对于较高精度的螺纹加工,可先用 G76 加工方法进行粗车,然后用 G32 或 G92 加工方法进行精车。不过在采用两刀加工时要注意刀具起始点要准确,不然容易“乱扣”,造成零件报废。

参考文献

- [1]温希忠,高超.数控车床的编程与操作[M].济南:山东科技出版社,2006.
- [2]李立宪.数控车编程与操作实训[M].安徽:安徽科技出版社,2007.
- [3]沈建峰.数控车床编程与操作实训[M].北京:国防工业出版社,2005.
- [4]谢晓红.数控车削编程与加工技术[M].北京:电子工业出版社,2005.
- [5]袁锋.数控车床培训教程[M].北京:机械工业出版社,2005.
- [6]关颖.FANUC 数控车床[M].沈阳:辽宁科学技术出版社,2005.

作者:浦艳敏,硕士,讲师,辽宁石油化工大学职业技术学院机电系,113001 辽宁省抚顺市

Author: Pu Yanmin, Master, Lecturer, School of Vocational Technology of Liaoning Shihua University, Fushun, Liaoning 113001, China