

巧用 FANUC 宏变量编制链轮加工程序

青海第一机床厂 (810018) 李映平 徐登虎

链轮是一种标准的运动传动部件,其设计都是按国家标准(GB1244—1976)完成的,被广泛地应用于各种机械的运动传动中。同样在加工中心的链式刀库的设计中,链轮作为一种不可缺少的零件被应用。我厂设计的加工中心刀库所使用的链轮,是在数控机床上进行加工的。在程序编制时由于数据计算复杂,计算的点坐标较多,对编程人员无疑增加了难度,也降低了效率。

为了解决此问题,我们在我厂生产的配置 FANUC OMC 系统的立式加工中心 XH716 上,用宏变量设计了一套链轮加工的宏程序。该宏程序可以实现分齿、齿型旋转、记数等功能,减轻了编程人员的劳动强度,提高了工作效率并保证产品的质量。

一、理论分析

1. 链轮齿型图和尺寸计算表

表 1

名 称	符号	计算公式
分度圆节距	t_0	$t_0 = t[1 + (d_1 - d)/D]$
分度圆直径	D_0	$D_0 = t_0/\sin(180^\circ/z)$
齿沟圆弧半径	r_1	$r_1 = 0.5025d + 0.05$
齿沟半角	α	$\alpha = 55 - 60/z$
齿沟圆心到工作段圆心的距离	O_1O_2	$O_1O_2 = 0.8d$
工作段圆弧中心 O_2 的坐标	M	$M = 0.8d\sin\alpha$
	T	$T = 0.8d\cos\alpha$
工作段圆弧半径	r_2	$r_2 = 1.3025d + 0.05$
工作段圆弧中心角	β	$\beta = 18 - 56/z$
齿顶圆弧中心 O_3 的坐标	W	$W = 1.3d\cos(180^\circ/z)$
	V	$V = 1.3d\sin(180^\circ/z)$
齿形半角	γ	$\gamma = 17 - 64/z$
齿顶圆弧半径	r_3	$r_3 = d(1.3\cos\gamma + 0.8\cos\beta - 1.3025) - 0.05$

2. 加工分析

从链轮齿型图和尺寸计算表可以看出,链轮的

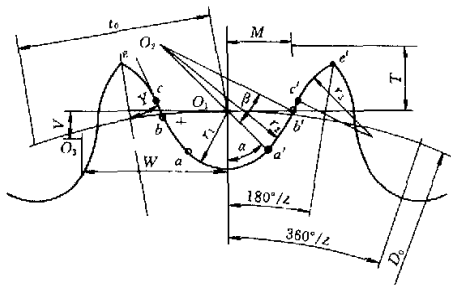


图 1

齿形是由圆弧 $e'c'$ 、 $b'a'$ 、 $a'a$ 、 ab 、 ce 和直线 $c'b'$ 、 bc 组成。在精加工过程中,根据金属切削原理,为了降低表面粗糙度值,提高加工效率。加工中采用了逆铣的方式。刀具的运动方向是 $e' \rightarrow c' \rightarrow b' \rightarrow a' \rightarrow a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow e$, 逐步进行各齿型的加工(如图 1)。

3. 计算分析

在数控机床上进行加工时,要对各位置点坐标进行计算,其中 a 、 a' 、 e 、 e' 点的计算较为简单,故而省略。计算较为难的点 b 、 b' 、 c 、 c' , 分析如下:

(1) b 点坐标值的计算 以 O_2 点为几何坐标原点,通过分析可知, O_2b 与 Y 轴的夹角为 $(\alpha + \beta)$, 从而可计算出 b 点的坐标为 $(r_2\sin(\alpha + \beta), r_2\cos(\alpha + \beta))$ 。

(2) c 点坐标值的计算 以 O_3 点为几何坐标原点,通过几何分析, $\angle\gamma = \angle\gamma'$, O_3c 与 Y 轴的夹角为 $(\gamma + 180^\circ/z)$, 从而可计算出 c 点坐标为 $(r_3\cos(\gamma + 180^\circ/z), r_3\sin(\gamma + 180^\circ/z))$ 。

通过以上对 b 、 c 两点的分析可知,以链轮的中心 O 为坐标原点,进行坐标系平移就可以得到 b 、 c 点在以 O 为坐标原点的坐标系中的坐标值。从而也可以计算出 b' 、 c' 点的坐标。计算出 e' 、 c' 、 b' 、 a' 、 a 、 b 、 c 、 e 各点的坐标之后,以链轮的中心为原点通过坐标系旋转就可以计算出其余各齿形对应点的坐标。

二、链轮加工宏程序体

```

00001;
#101=0.5025*#2+0.05;
#102=1.3025*#2+0.05;
#120=17.-64./#26;
#121=1.3*COS[#120];
#122=18.-56./#26;
#123=0.8*COS[#122]-1.3025;
#103=#2*[(#121+#123)-0.05];
#100=#1*SIN[180./#26];
#124=#1/2.*COS[180./#26];
#125=1.3*#2-#100/2.;
#104=#124+SQR[#103*#103-#125*#125];
#105=-[0.8*#2*SIN[55.-60./#26]];
#106=#1/2.+0.8*#2*COS[55.-60./#26];
#107=1.3*#2*COS[180./#26];
#108=#1/2-1.3*#2*SIN[180./#26];
#109=#102*SIN[73.-116./#26];
#110=#102*[-COS[73.-116./#26]];
#111=-#103*COS[17.+116./#26];
#112=#103*SIN[17.+116./#26];
N1#115=0;
#129=#104*SIN[180./#26];
#130=#104*COS[180./#26];
#131=#111+#107;
#132=#112+#108;
#133=#109+#105;
#134=#110+#105;
#135=#101*SIN[55.-60./#26];
#136=#1/2.-#101*COS[55.+60./#26];
#114=360./#26;
#500=#129*COS[#114+#8]-#130*SIN[#114+#8];
#501=#129*SIN[#114+#8]+#130*COS[#114+#8];
G0X[#500+30.]Y[#501+30.];
G01Z-#11F#9;
N2#115=#115+1.;
IF[#115EQ[#26+1.]]G0T04;
#116=#115*#114;
#117=#116+#8;
#500=#129*COS[#117]-#130*SIN[#117];
#501=#129*SIN[#117]+#130*COS[#117];
#502=#131*COS[#117]-#132*SIN[#117];
#503=#131*SIN[#117]+#132*COS[#117];
#504=#133*COS[#117]-#134*SIN[#117];
#505=#133*SIN[#117]+#134*COS[#117];
#506=#135*COS[#117]-#136*SIN[#117];
#507=#135*SIN[#117]+#136*COS[#117];
#508=-#135*COS[#117]-#136*SIN[#117];
#509=-#135*SIN[#117]+#136*COS[#117];
#510=-#133*COS[#117]-#134*SIN[#117];
#511=-#133*SIN[#117]+#134*COS[#117];
#512=-#131*COS[#117]-#132*SIN[#117];
#513=-#131*SIN[#117]+#132*COS[#117];
#514=-#129*COS[#117]-#130*SIN[#117];
#515=-#129*SIN[#117]+#130*COS[#117];
#3003=1; 为保证齿型的粗糙度而禁止单程序段运行;
G01G42D#7X#500Y#501;
G03X#502Y#503R#103;
G01X#504Y#505;

```

```

G02X#506Y#507R#102;
G02X#508Y#509R#101;
G02X#510Y#511R#102;
G01X#512Y#513;
G03X#514Y#515R#103;
#3003=0; 在加工完一个完整的齿型后允许单程序段运行;
G0T02;
N4G1Z#11F[3*#9];
G40;
M99;
程序调用格式:
G65P0001A#1B#2D#7E#8F#9H#11Z#26;

```

参数定义:

A: 链轮分度圆直径;

B: 链条滚子直径;

D: 刀具半径偏置号;

E: 第一齿的对称轴线与 + Y 轴的夹角; 此参数确定链轮齿型与键槽的位置;

F: 切削加工进给速度;

H: 链轮齿厚;

Z: 链轮齿数。

三、链轮加工举例

我们加工的链轮参数如表 2:

节距 t	15.875
滚子直径 d	10.16
齿数 z	25
节圆 D	134
齿顶圆 D_e	134
齿根圆 D_f	116.50
齿根距离 L_s	116.25
齿型	按 GB1244—1976 制造

程序:

```

O2;
N100G0C90C54X0Y0;
N105G43H4Z200.M3S600;
N110G65P1A126.66B10.16D5E0F30H30.Z25.;
N115G0G49Z300.M5
N120M2

```

四、总结

本文介绍的链轮加工宏程序, 在多年实际加工中已得到了充分的验证。在实际的使用中, 只要我们合理建立加工零件的理论数学模型, 巧妙地使用 FANUC 系统提供的宏程序功能, 就可以实现各种复杂零件的加工 (如平面凸轮、圆柱凸轮等等)。

(收稿日期: 20030520)