

# 变螺距螺纹的简易编程和操作

周维泉

北京南口斯凯孚铁路轴承有限公司 北京 102202

**摘要：**通过分析第一届全国技能大赛国赛数控车项目真题中的等牙宽变螺距螺纹，发现其可用平移法解决，以该真题为例详细介绍了变螺距螺纹的简易编程和操作。

**关键词：**技能大赛；变螺距螺纹；等牙宽；简易编程；简易操作

## 1 序言

变螺距螺纹分等槽宽、等牙宽、槽和牙都不等宽三大类，其中第二大类用得最多，编程也最难。在塑料、橡胶和食品等行业中使用的各种类型挤出螺杆的外圆上，都有等牙宽变螺距螺纹。使用等牙宽变螺距螺纹的螺杆具有压缩比大、压缩均匀、出料连续性好等优点。第一届全国技能大赛国赛数控车项目的赛题中引入了这个要素，这是竞赛题目与生产实际结合的有益尝试。

## 2 真题分析

变螺距螺纹的编程和加工是数控车编程和加工的难点。迄今为止，用国内、外自动编程软件尚编不出车这类螺纹的精确程序，只能用手编程。因此在这次大赛中，这个要素也是整道题中的难点。赛题有赛前公布的样题和比赛用的真题两种，真题中变螺距螺纹部分（见图1）为等牙宽变螺距左旋螺

纹，材质为LY12，轴向牙宽（ $3 \pm 0.03$ ）mm，槽左壁在螺纹左端面的螺距为8mm，往右每转螺距增加（ $0.5 \pm 0.075$ ）mm。

整体来说，等牙宽变螺距螺纹的编程比较复杂，但其中有一类（这一类在实际应用中占比不小）可以用简易的方法来编程和操作。这一类的条件为：螺距小的端面螺距的两倍与螺距大的端面螺距之差不大于轴向牙宽。真题中的等牙宽变螺距螺纹正好属于这一类，本文以此为例进行介绍。

## 3 简易编程和操作

沿走刀方向选取两个截面A和B，刀先到A面，后到B面，两截面之间的距离为L。用 $F_1$ 、 $F_2$ 分别表示截面A、B的截面螺距，K表示主轴每旋转一圈螺距的增加值（若为负则是减少值），则变螺距螺纹的公式为 $F_2^2 - F_1^2 = 2LK$ ，这个公式是解所有变螺距螺纹题的基础。

第一步，画出和延长变螺距螺纹的牙型截面图，加标尺寸，如图2所示。图2是解此类题的关键，图中的尺寸都是把已知条件代入公式后得出的。例如图中右端面的“F11.045”是用 $L=58\text{mm}$ 、 $F_1=8\text{mm}$ 、 $K=0.5\text{mm}$ 代入公式得到的。

第二步，选用刃口4~5mm宽的左偏切槽刀（标准刀片外侧应磨出略大于螺纹螺旋升角的后角）。在轴向吃刀逐步加宽槽和径向吃刀逐步加深槽这两种方法中，选用后一种方法，因为标准可转位切槽刀的切削刃是端头平刀。注意不要用端头刃口有角度的切断刀。

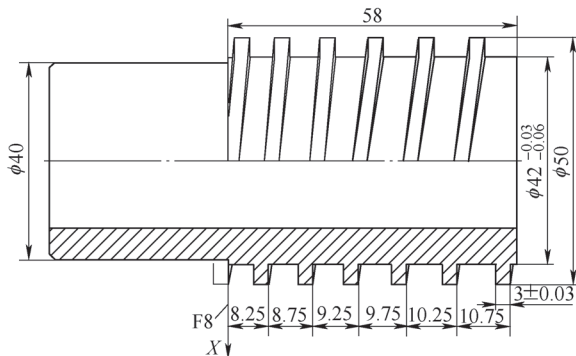


图1 真题中变螺距螺纹部分

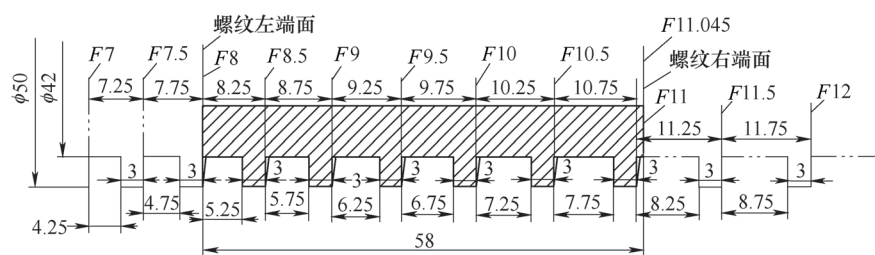


图2 牙型截面尺寸

走刀方向有从右往左和从左往右两个方案。这里选用前者，主轴反转。在卧式多工位刀架上（比赛所用刀架），刀片朝上装；在立式四方刀架上，应使用刀片朝下装的Z形切槽刀（可用普通左偏切槽刀改制）。

第三步，确定第一排刀从第几牙右起刀。由于右端面在第6牙右，所以首排应从第8或第9牙右起刀。本文中 choice 从第8牙右起刀，如图3所示。

将 $F_1=12\text{mm}$ 、 $F_2=8\text{mm}$ 、 $K=-0.5\text{mm}$ 代入公式可得 $L=80\text{mm}$ ，这样就可得到首排刀（按发那科系统）程序内G34中的“F12、K-0.5、Z-8”（此终止值可酌情选择），以及G34的起始Z值，即G34上段中的“Z80”，从而编制出分别用于发那科系统和西门

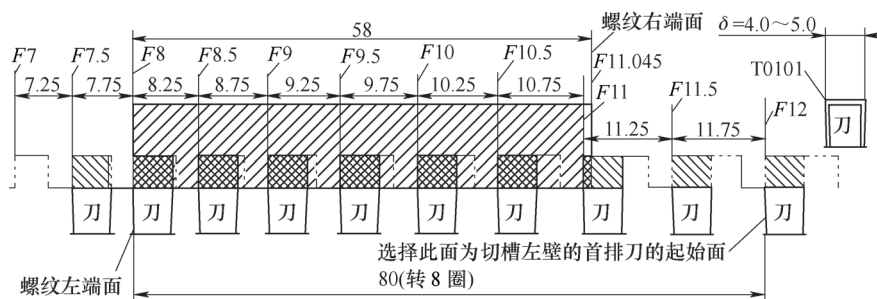


图3 车第一排刀示意

以发那科系统为例，加工程序O65如下。

O65

N02 #4=60; #4代表X向分刀数

N03 G54 S300 M04;

N04 T0101; 用1号刀补

N05 G00 X200 Z200;

N101 #10=50; #10代表X指令值，此赋初始值

N102 G00 Z80; 开始车左槽壁

N103 X#10;

N104 G34 Z-8 F12 K-0.5;

N105 G00 X100;

N106 #10=#10-8/#4;

N107 IF[#10 GE 42]GOTO 102;

N41 G00 X200 Z200 M05;

N42 M30;

以西门子系统为例，加工程序PP65.MPF如下。

PP65.MPF

N02 R4=60; R4代表X向分刀数

N03 G54 S300 M04

N04 T1 D1

N05 G00 X200 Z200

N101 R10=50; R10代表X指令值，此赋初始值

N102 MA1: G00 Z80; 开始车左槽壁

N103 X=R10

N104 G35 Z-8 K12 F0.5

N105 G00 X100

N106 R10=R10-8/R4

N107 IF R10 > =42 GOTOB MA1

N41 G00 X200 Z200 M05

N42 M02

第一排刀切去部分的示意如图4所示。

比赛操作时，采用一夹一顶的装夹方式。卡爪

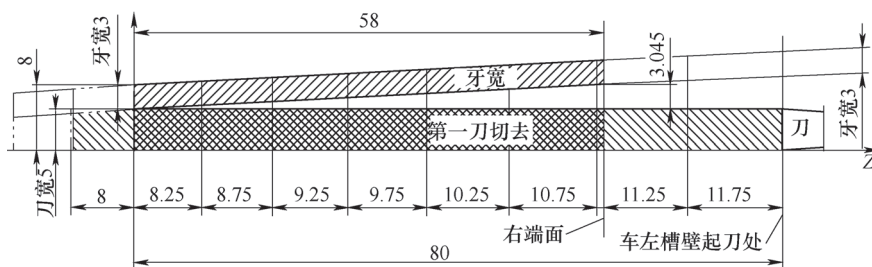


图4 第一排刀切去部分的示意

端面与螺纹左端面要至少留16.5mm的空量。将刀具形状补偿页面中1号刀对应的1号行称为形状1号行，刀具磨耗补偿页面中1号刀对应的1号行称为磨耗1号行，对刀和建立坐标系时把形状和磨耗1号行的X、Z刀补值都置0。运行前把磨耗1号行的X刀补值置0.15mm。执行一遍后测槽底所在的直径值（此时应偏大）。改磨耗1号行的X刀补值后再执行一遍，此时槽底所在的直径值应在公差范围之内了。切完第一排刀后的图样如图5所示。

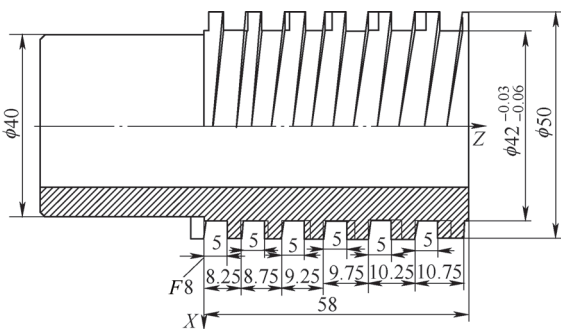


图5 切完第一排刀后的图样

在继续操作之前先介绍一个原理：把第一排刀的左刀轨迹向左平移牙宽，再平移刀宽，那么平移后的刀右刀轨迹与已切出的槽左壁的Z向距离就等于牙宽。按这个平移原理，就可进行如下的平移操作：测刀宽 $\delta$ 的实际值；把形状1号行的Z刀补值设置成3mm与 $\delta$ 之和的负值，把磨耗1号行的Z刀补值设置成-0.1mm；再执行一遍后测牙宽（此时应偏宽）；改磨耗1号行的Z刀补值后再执行一遍，此时牙宽应在公差范围之内了。至此，赛题中所要求的要素已车成。图6是车第二排刀时主轴每转一整圈时刀具的位置示意，图7是第二排刀切去部分的示意。

如果比赛时只有刀宽2.7~3.99mm的刀，那么仍可用平移操作法来加工，只是要多走一排刀。前两排刀与上述操作相同，完成后测量出中间残留的最宽值 $b$ （在右端）。接着把形状1号行的Z刀补值在原基础上减去 $b$ ，再执行一遍即可完成。

生产的首件加工也可用上述平移操作的方法来做。对于除首件外的生产加工，应使用平移编程

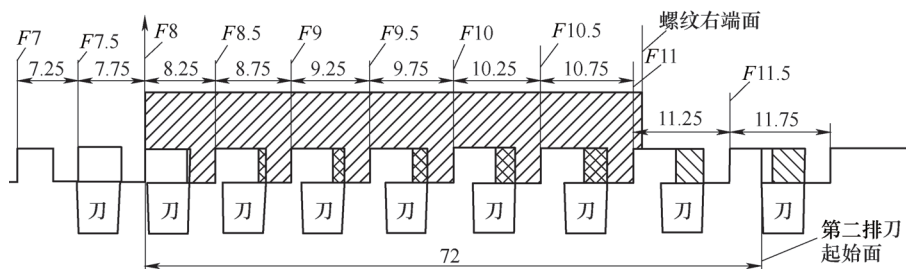


图6 车第二排刀示意

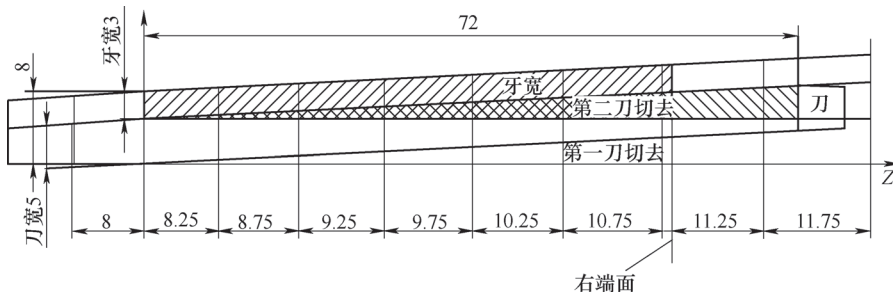


图7 第二排刀切去部分示意

的方法来解决，也就是平移后第二排刀的加工用程序而不是用操作来完成。O66和PP66.MPF是4.1～5.0mm宽的车刀分别用于发那科系统和西门子系统时除首件外的生产加工程序。

O66

N01 #1=a; #1代表编程刀宽5与实际刀宽之差

N02 #4=60; #4代表X向分刀数

N03 G54 S300 M04;

N04 T0101; 用1号刀补

N05 G00 X200 Z200;

N101 #10=50; #10代表X指令值，此赋初始值

N102 G00 Z80; 开始车左槽壁

N103 X#10;

N104 G34 Z-8 F12 K-0.5;

N105 G00 X100;

N106 #10=#10-8/#4;

N107 IF[#10 GE 42]GOTO 102;

T0111; 改用11号刀补

N201 #10=50; #10代表X指令值，此赋初始值

N202 G00 Z[72+#1]; 开始车右槽壁

N203 X#10;

N204 G34 Z-8 F12 K-0.5;

N205 G00 X100;

N206 #10=#10-8/#4;

N207 IF[#10 GE 42]GOTO 202;

N41 G00 X200 Z200 M05;

N42 M30;

PP66.MPF

N01 R1=a; R1代表编程刀宽5与实际刀宽之差

N02 R4=60; R4代表X向分刀数

N03 G54 S300 M04

N04 T1 D1

N05 G00 X200 Z200

N101 R10=50; R10代表X指令值，此赋初始值

N102MA1: G00 Z80; 开始车左槽壁

N103 X=R10

N104 G35 Z-8 K12 F0.5

N105 G00 X100

N106 R10=R10-8/R4

N107 IF R10 >=42 GOTOB MA1

T1 D2

N201 R10=50; R10代表X指令值，此赋初始值

N202 MA2: G00 Z=72+R1; 开始车右槽壁

N203 X=R10

N204 G35 Z-8 K12 F0.5

N205 G00 X100

N206 R10=R10-8/R4

N207 IF R10 >=42 GOTOB MA2

N41 G00 X200 Z200 M05

N42 M02

这两段程序只是分别在O65和PP65.MPF中加了N201～N207段，而新加的7段程序与N101～N107相比，只有N202段与N102段中的Z值不同（注意N204段中的数据也与N104段中的数据相同）。这个差别来源于向左移动的牙宽和实际刀宽，也正是因此，作者才把这种简易编程方法称为平移编程法。

在用首件程序完成首件操作、加工后，以发那科系统为例，需要进行的操作包括：一是把形状1号行的Z刀补值改置成0；二是把磨耗1号行的Z刀补值移到磨耗11号行的Z刀补值中；三是把磨耗1号行的Z刀补值置0；四是把形状11号行的Z刀补值置0。做完这些准备工作后，就可进行后续的生产加工。

由此可见，对于这一类等牙宽变螺距螺纹，比赛和首件生产时用平移法操作，除首件外的生产用平移法编程都非常方便。

## 4 结束语

需要注意的是，不是所有的等牙宽变螺距螺纹都可用平移法来加工。例如在赛前公布的样题中，螺纹的端面螺距6mm、每转螺距增加1mm、轴向牙宽3mm、螺纹长58mm，此螺纹就不属于能用上述简单的平移法来操作、编程的类型。但对于此类螺纹，平移的原则仍适用，本文中不再详述。

## 参考文献：

- [1] 周维泉. 数控车/铣宏程序的开发与应用[M]. 北京：机械工业出版社，2012.

MW 20210104