

再谈锥管螺纹铣削及相关宏程序的编写

■ 凯斯帕液压有限公司（上海 201319） 金 科

摘要：针对现在关于锥管螺纹的数控铣削加工方法进行研究，提出另一种数学思路进行轨迹计算，并以此模型为基础进行程序编写及加工验证。为今后此类螺纹的加工提出新思路。

关于锥管螺纹（NPT、RC等形式）的数控铣削加工，不少行业期刊都登载过相关文章。其中本杂志在2006年第03期刊载的一篇文章最为详细具体。笔者在机床上对此程序做过实际测试，加工出的NPT内螺纹用塞规检验合格。仔细研究该数学模型，发现此程序计算方法所得到的刀具路径轨迹可能只是近似轨迹，与真正理论轨迹存在细微的偏差。下面介绍另一种数学思路来计算刀具路径轨迹，及以此数学模型为基础编制出的加工程序。

如图1所示，空间螺旋曲线 L 和 L' 分别表示螺纹铣刀加工时，刀具的刀尖切削点和对应刀具中心点的空间轨迹。由于NPT、RC螺纹都有1:16的锥度，刀具沿轨迹每进给运动一圈，即在 Z 方向提升一个导程，曲线 L 的极径（曲线上任意点到 Z 轴的距离）也相应增加一个定值，这一变化是均匀即成线性的关系。

将图1曲线投影到 xy 平面内，得到图2所示曲线，空间曲线 L 和 L' 在 xy 平面内的投影如图2所示，在轨迹曲线 L 上任取一点 $M(x, y)$ ， MO 的长度即为该点的极径

R ， OM 与 x 轴的夹角 t 则为该点的极角。曲线 L 在 xy 平面内的投影即可看作 M 的轨迹，极径 R 是随着极角 t 做线性变化的。故曲线 L 在 xy 平面内的极坐标方程如下：

$$R=R_0+At$$

式中， R_0 为初始极径，即极角 t 为0时的极径； A 为常数，表示极径 R 随极角 t 的变化率，即 t 增加一个单位，极径 R 所对应的增量。将极坐标方程转化为直角坐标参数方程，得到曲线 L 的方程如下：

$$x=(R_0+At)\cos t \quad (1)$$

$$y=(R_0+At)\sin t \quad (2)$$

在 xy 平面内过 M 点作直线 MN 与曲线 L 相切，再过切点 M 作 MM' 垂直于 MN ，且 $MM'=r$ （螺纹铣刀顶端半径）。现已知 M 点坐标 (x, y) ，只要求出 M' 点坐标 (x', y') ，即可得到刀具中心点的轨迹 L' 的方程。

如图2所示，设 MN 与水平线夹角为 α ， MM' 与水平线夹角为 β ，显然

$$x'=x-r\cos\beta=(R_0+At)\cos t-r\cos\beta \quad (3)$$

$$y'=y-r\sin\beta=(R_0+At)\sin t-r\sin\beta \quad (4)$$

又因为 $MM'\perp MN$ ，即 $\beta=\alpha-\pi/2$ ，故

$$\cos\beta=\sin\alpha \quad (5)$$

$$\sin\beta=-\cos\alpha \quad (6)$$

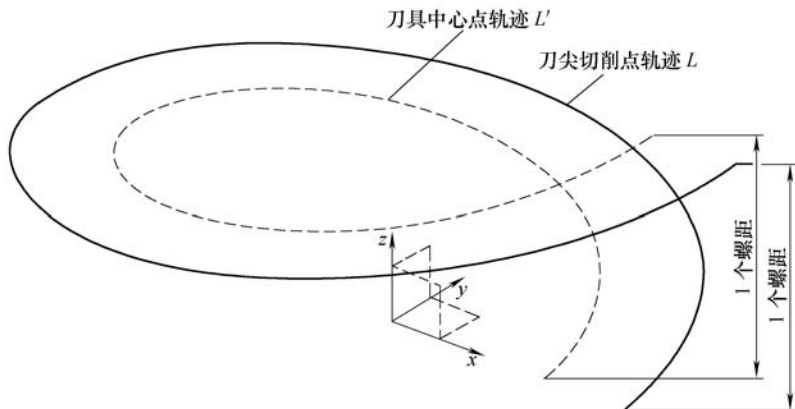


图1 刀具空间轨迹图

表1 NPT内规格螺纹尺寸表

公称尺寸	$n/[\text{牙数} \cdot (\text{in})^{-1}]$	D_2/mm	D_3/mm	$t_1/^\circ$	$t_d/^\circ$
1/16	27	5.95	6.39	11.8	9.7
1/8	27	8.3	8.74	11.9	9.75
1/4	18	10.75	11.36	17.4	14.25
3/8	18	14.15	14.8	17.7	14.55
1/2	14	17.45	18.32	23.1	19
3/4	14	22.8	23.67	23.6	19.5
1 1/4	11.5	28.65	29.69	28.4	23.4
1 1/2	11.5	37.35	38.45	28.9	23.9
	11.5	43.45	44.52	28.9	23.9
2	11.5	55.45	56.56	29.3	24.35

表2 锥形铣刀型号表

刀具型号	d/mm	D/mm	l/mm	L/mm	Z_n/mm	适用螺纹尺寸
SC0652D12	6	5.2	12	58	4	NPT 1/16"-1/8"
SC1085D24	10	8.5	24	73	4	NPT 1/8"-1"
SC1210D32	12	10	32	84	4	NPT 1/4"-3"

表3 NPT螺纹铣刀规格型号表

$n/[\text{牙数} \cdot (\text{in})^{-1}]$	螺纹规格	刀具型号	d/mm	D/mm	Z_n/mm	l/mm	L/mm
27	1/16-1/8	MT0606C9 27 NPT	6	6	3	9.9	58
18	1/4-3/8	MT0808C14 18 NPT	8	8	3	14.8	64
14	1/2-3/4	MT1212D20 14 NPT	12	12	4	20.9	84
11.5	1-2	MT1616D27 11.5 NPT	16	16	4	27.6	105
8	$\geq 2\frac{1}{2}$	MT2020D39 8 NPT	20	20	4	39.7	105

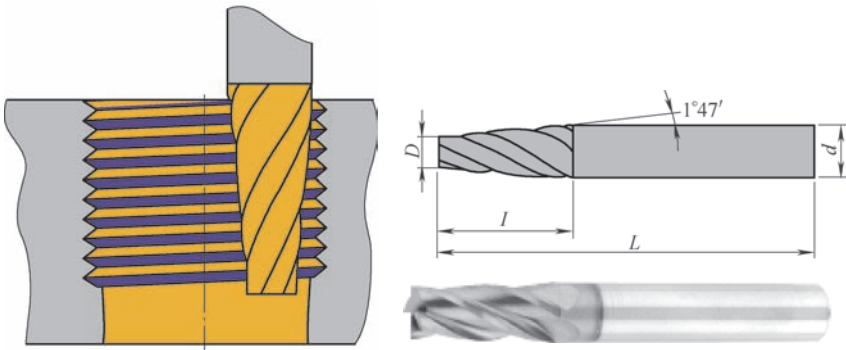


图4 NPT锥形铣刀示意图

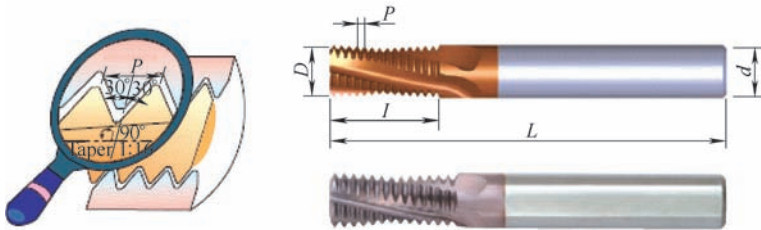


图5 NPT螺纹铣刀示意图

周铣，编程方法较为简单，此处不再赘述。螺纹铣削程序详细解请扫描二维码（见图6）。



图6 螺纹铣削程序二维码

以NPT 1 1/2 为例，选择底孔成形刀SC1210D32及螺纹铣刀MT1616D27，11.5NPT主程序如下：

```
N10 (MILLING NPT 1 1/2  
THREAD)  
T1 M06  
S2000M03  
G90 G54 G00 X0.0 Y0.0 M8  
G00 G43 H1 Z50.0  
G65 P8014 X0 Y0 Z-24.0 D48.054  
T11.5 R5 F400  
G53G90G00Z0M09  
M5  
M1
```

注意此程序假定刀具半径和刀具长度在同一个补偿号内，必须正确设置，即D值和H值必须使用相同补偿号（例如刀长储存在H₁，则刀具半径必须储存在D₁）

此程序在牧野A51卧式加工中心上实际调试成功，螺纹合格。

参考文献：

[1] 刘浩荣，郭景德. 普通高等教育（理工类）规划教材：高等数学[M]. 上海：同济大学出版社，2009.

MW（收稿日期：20160729）