

圆锥内螺纹的编程方法研究

■ 黑龙江广播电视大学富拉尔基分校（齐齐哈尔 161042） 王占平

摘要：目前铣螺纹作为一种常用加工方式正得到广泛利用，但由于刀具成本较高，螺纹精度提出更高的要求，刀路控制及编程方面都带来较大难度，特别是直径较大的圆锥内螺纹较比圆柱内螺纹更有较大的加工难度，特别是在编程方面，需要特别考虑编程方法和较复杂的数学分析过程，才能编好程序并圆满完成加工任务。

圆锥螺纹的牙形为三角形，主要靠牙的变形来保证螺纹副的紧密性，多用于管件。圆锥管螺纹具有16:1的锥度，因为这一特性使得缠绕在螺纹上的生料带能更均匀地分布于螺纹上，具有更好的密封性。同时锥管螺纹所使用的铁管壁更厚，具有更高的耐压性，所以此类螺纹普遍用于密封液体和气体。具有密封特性的主要原因有两点：一是由于锥度的原因，这种螺纹在与同样的锥螺纹或圆柱螺纹配合时具有“自紧作用”；二是其特殊的牙形设计具有“完全吻合”的特性。

内螺纹通常都是采用挑扣或攻螺纹的方法进行加工的。对于大型、特殊牙形的螺纹，由于参与切

削的刃口过长、抗力过大，使切削处于极为不利的状态。因此出现了间断铣削的成形方法。此方法采用高速旋转（自转）的角度成形铣刀，沿着螺旋轨迹（公转及轴向螺距移动）进行铣削，铣出螺旋槽来（见图1）。通常称此为“行星铣螺纹”。

对圆锥螺纹的行星铣削，刀具是沿着圆锥螺旋轨迹进行的。它除了应具有像圆柱螺旋轨迹的自转、公转和轴向螺距进给外，还要使铣刀中心与螺孔中心的距离（公转半径）随着轴向移动而产生线性变化（收缩），进而形成锥度。

1. 图形分析

如图2所示为尺寸代号Rc1，55°密封圆锥管螺纹，锥度1:16，

大端端面内径为30.79 mm，单边牙高1.479 mm，可以用刀具半径来控制加工精度，按半径方向1:2确定孔底直径，具体尺寸参数如附表所示。

2. 编程方案

先用 $\phi 16$ mm麻花钻钻底孔，然后用 $\phi 20$ mm方肩铣刀扩铣锥孔，Z向分层，两轴半加工，刀具Z向每下降一层，进给一个整圆。如Z向进给层距太大，会留下台阶，影响后面螺纹加工质量；进给太小，切削时间很长。最后用单刃螺纹铣刀行星铣削圆锥内螺纹，螺旋进给，三轴联动加工，每一个360°锥面螺旋线进给过程中Z向下降一个螺距，由此分析Z向刀具可进给较大尺寸。

这样就实现了自动方式下两个路径轴的单独控制。其他方式的操作与单路径相同，只是在操作时方式选择和相关按钮必须是同一个路径的，不能将各路径的方式选择和按钮混用，操作时需格外谨慎。

6. 结语

在正确的硬件连接的基础上，

根据上述的参数设置、信号处理，并通过以上介绍的多路径控制方式，实现两路径的单独控制，即可满足该生产线的工作要求。并且本文介绍的控制方式，可省去一套数控系统及其操作台的成本，有较好的性价比。FANUC多路径控制技术在我公司FMS80柔性制造生产线中

成功应用，受到公司领导及用户的高度评价。

参考文献：

- [1] 沈向东. 柔性制造技术[M]. 北京：机械工业出版社，2013.
- [2] 庄品. 现代制造系统[M]. 北京：科学出版社，2010.

MW（收稿日期：20140612）

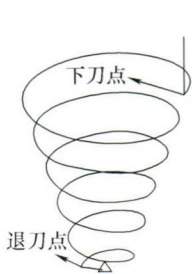


图1 圆锥螺旋轨迹

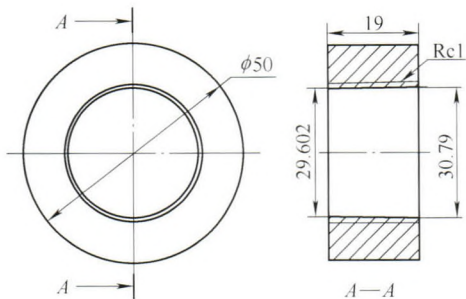


图2 内圆锥管螺纹

Rc1圆锥内螺纹尺寸参数表

尺寸代号	每英寸牙数	螺距/mm	有效长度/mm	内螺纹端面内径/mm	单边牙高/mm	刀尖圆角半径/mm
Rc1	11	2.309	19	30.79	1.479	0.317

3. 刀具选用

铣削圆锥内螺纹使用单刃螺纹铣刀加工，刀位点如图3所示。刀尖角为55°，回转半径为7 mm，刀杆直径8 mm，注意刀具底部不能撞到孔底，防止损坏刀具。

刀具可根据各厂具体情况，亦可自行设计、制造专用角度成形铣刀，最好采用多刃结构。刀片制造硬质合金的为好。可提高切速，减小磨损，提高螺纹精度。

切削用量：机床转速2 900 r/min；刀片切速 $v=128$ m/min（若主轴转速可再提高，理想的切速可选至 $v=180\sim 200$ m/min）；每齿进给量：粗加工时选为0.15 mm/z，精加工时选为0.08 mm/z；进给量：粗加工为 $0.15\times 1\times 2\ 900=435$ （mm/

min），精加工为 $0.08\times 1\times 2\ 900=232$ （mm/min）。切削用量可以根据机床实际情况适当调整。

4. 坐标系设定

钻孔、铣孔和铣螺纹的坐标系都按图4所示坐标简图设置，特别是螺纹铣刀的对刀点要与工件坐标系原点重合，否则会影响螺纹的深度和牙高，形成不合格产品。在管螺纹联接时，接合不紧密。

5. 走刀路线

方肩铣刀铣孔的走刀路线如图5所示，刀具按Z向分层铣削，表面质量受层间距的影响，层间距越大越粗糙，层间距越小越光滑，但效率较低。螺纹铣削走刀路线如图6所示，刀具沿一条圆锥形螺旋线

铣削，越向下铣削，直径方向值越小，达到铣内孔圆锥螺纹的目的。

6. 数学表达式

$X=r\cdot\cos\alpha$

$Y=r\cdot\sin\alpha$

$Z=P\cdot\alpha/360$

式中， r 为半径方向随深度变化的变量； P 为螺距； α 为角度。

7. 编程

钻孔数控加工程序如下：

```
T03 M06
S100 M03
G54 G90 G0 Z20
X0 Y0 (定位)
CYCLE81(20,0.5,-40,)(钻孔)
G0 Z20(抬刀)
M05
M30

铣孔数控加工程序如下：
T04 M06
S1000 M03 F200
G54 G90 G0 Z20
X8.801 Y0 (定位到起刀点)
G01 Z-19 F500 (下刀至切削深度)
R1=0 (X向变量赋初值)
AA:G01 X=8.801+R1 Z=32*R1-19
```

```
(切削至下一层高)
G03 I=- (8.801+R1) J0 (圆周铣削)
R1=R1+0.02 (累加)
IF R1<=0.5825 GOTOB AA
(条件判断)
G0 Z100(抬刀)
```

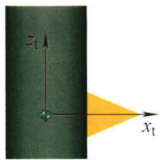


图3 单刃螺纹铣刀

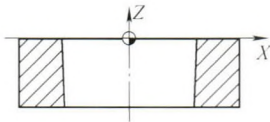


图4 坐标简图



图5 铣孔走刀路线

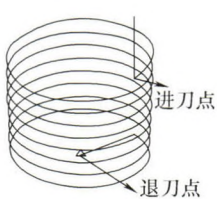


图6 铣螺纹走刀路线

M05

M30

圆锥螺纹数控加工程序如下:

T02 M06

N5 G0 G90 G54 X0 Y0 S1000 M03

F200

N10 R1=2.309 (螺距)

R2=1/32 (半径方向内孔锥度值)

R4=0

R5=1 (增量角)

R6=360

N20 R8=7 (刀具半径)

R20=33.748/2 (锥孔起始处半径)

R77=0

R27=1 (左旋为1, 右旋为-1)

R70=19 (锥孔深度)

N20 R60=R20-R8

N25 G1 X=R60 Y0

N30 R55=R4

N35 MA1 : R55=R55 + R5

N45 R32=R31*R2 (半径方向收缩多
少)

N50 R7=R20

N55 R7=R7-R32

N60 R21=R7

N65 R9=R7-R8

N70 R11=R9

N75 R12=R11*COS(R55)

N80 R13=R11*SIN(R55)

N85 R13=R13*R27

N90 R33=R31 + R77

N95 G1 X=R12 Y=R13 Z=-R33

N100 IF R55<R6 GOTOF MA2

N105 R55=0 R20=R21

N110 R77=R77 + R1 (深度累加)

N115 MA2 : IF R70<=R33 GOTOF

MA3

N120 GOTOB MA1

N125 MA3 : G01 X0 Y0

N130 M2

8. 加工结果

通过对上述工件(加工结果见图7)的圆锥内螺纹的数控铣削加工分析,可以总结出螺纹铣削加工与传统螺纹加工方式相比:

(1) 在加工精度、效率方面具有极大优势。

(2) 加工时不受螺纹公称尺寸的限制,一把单刃螺纹铣刀可加工多种不同公称尺寸的内、外

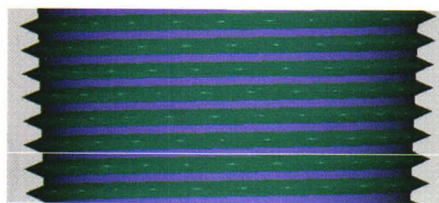


图7 加工结果

螺纹。

(3) 在数控螺纹铣削过程中,对螺纹直径尺寸的调整极为方便,这是采用丝锥、板牙难以做到的。

(4) 加工时不受螺纹旋向的限制,螺纹铣刀可加工不同旋向的内、外螺纹。

(5) 对于不允许过渡扣或退刀槽结构的螺纹,采用传统的车削方法或丝锥、板牙很难加工,但采用数控铣削却十分容易实现。

(6) 其结构形式有足够的排屑空间,螺纹铣刀的寿命是丝锥的十多倍至数十倍。

(7) 可以加工各种结构形式的直螺纹、锥管螺纹及非标螺纹。

(8) 螺纹铣削加工过程中刀具承受的抗力较小,在加工大型或贵重结构部件时,在所需的转矩较小的情况下加工较大规格的螺纹。

参考文献:

- [1] 董玉红. 数控技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2004.
- [2] 文朴, 李田. 机械设计[M]. 北京: 机械工业出版社, 2001.
- [3] 机械设计手册编写组. 机械设计手册[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006.
- [4] 王爱玲. 现代数控编程技术及应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 2002.

MW (收稿日期: 20140514)

硬质合金滚压工具

本单位生产硬质合金滚压工具已有30余年的历史。滚压加工广泛运用于机械加工、液压、重型机械等行业,是一种对机械零件表面进行光整和强化的工艺,它利用硬质合金滚轮对工件表面施加压力,使其表面产生塑性变形,达到修整表面微观几何形状、降低表面粗糙度的目的,同时可提高表面硬度。滚压后,使零件表面粗糙度值从 $R_a=6.3\sim 1.6\mu m$ 降低到 $R_a=0.8\sim 0.1\mu m$,实现以滚代磨。本单位还可以根据用户要求,生产、加工各类异型硬质合金制品及硬质合金模具。

靖江市城北合理滚压技术服务部(原国营靖江汽车修造厂)

地 址: 江苏靖江市真武河北路47号(214500)

联系人: 蒋文宏

手机: 13327780598

电 话: 0523-84832767

传真: 0523-82853000

E-mail: jwh@sina.com