数控车床车削方轴用户宏程序的编制

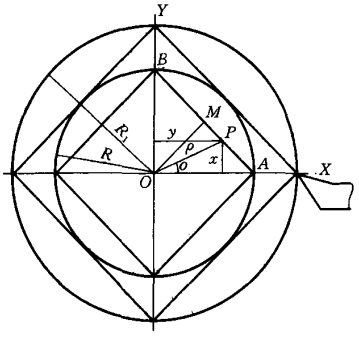
宜宾职业技术学院 （四川 644003） 袁永富

数控系统的用户宏功能是用户提高数控机床性能的一种特殊功能，像四方轴或带四方头的轴类零件，利用系统的用户宏功能，可实现车削代替铣削加工，从而提高了加工效率和位置精度。下面介绍车削方轴的原理及在 FANUC－0TE 控制系统下编制的车削方轴的用户宏程序。

1. 车削的原理

如图所示方轴外接圆的直径为 $D=2R$，点 P（x，y）为直线 AB 上任意一点，$PO=\rho$，$x=\rho\cos\theta$，$y=\rho\sin\theta$，直线 AB 的直角坐标方程为：

$$Y=R-X$$



则 AB 的极坐标方程为：

$$\rho=R/(\sin\theta+\cos\theta)$$

欲使数控车床车出的零件为方形，刀尖的运动轨迹为直线 AB，则从 A 点到 B 点的切削过程中，各点的切削深度应为

$$a_p=R-\rho=(1-1/(\sin\theta+\cos\theta))R$$

A（$\theta=0°$）点的切削深度为 $a_{pA}=0$；M 点（$\theta=45°$）的切削深度为 $a_{pM}=(1-1/(\sin\theta+\cos\theta))R\approx0.293R$；$P$ 点的切削深度为：$a_{pP}=(1-1/(\sin\theta+\cos\theta))R$。

设加工时工件的转速为 n（r/min），则从 A（R，0）点加工至 M（0.707R，0）点的时间为 $1/8n$（min），工件从 0°转至 45°，X 方向（径向）进给 0.293R（mm），进给速度为 $f_1\approx0.293R\times8n=2.344nR$（mm/min）。同理，从 M 点加工至 B（0，R）时，工件从 45°转至 90°，刀具径向进给 0.293R（mm）（后退）。可见，在整个加工过程中，刀具作周期性的往复运动（工件每转过 90°，刀具往复一次）。

又设加工时轴向（Z 轴方向）的进给速度为 f（mm/min），工件的长度为 L，则当工件转过 θ 角时，刀具应轴向进给 $\theta f/360n$。工件每转过 90°时，轴向应进给 $f/4n$（mm）。如工件每转过 90°为一次循环，则只要循环 $4nL/f$ 次，即可加工出工件全长（编程时可直接控制全长，保证精度）。

综上所述，车削方轴时刀具相对于工件的运动轨迹应为下面三个运动的合成：刀具与工件的相对旋转运动（即主运动）；刀具沿工件径向的往复进给运动；刀具沿轴向的进给运动。三个方向的运动必须保持确定的关系：即在 0～90°内，工件转至 θ 角时，刀具应轴向进给 $\theta f/360n$（mm），径向进给至 $R/(\sin\theta+\cos\theta)$（mm），径向进给速度应为 $f_1=2.344nR$（mm/min）。

2. 车削的用户宏程序

设以工件右端面中心为工件坐标系原点。宏程序中使用以下保持型变量：

#502：方轴外接圆直径 D（mm）

#503：0°～90°插入加工点数

#504：方轴的长度 L（mm）

#505：加工时工件的转速 n（r/min）

#506：Z 方向的进给速度 f（mm/min）

#507：每次加工的进刀量系数（如 #507＝0.1，表示径向按直径值进刀 0.1D）

宏程序操作运算中使用的主要变量：

#100：P 点的 Z 坐标值

#101：P 点的 X 坐标值

#102：$|z|$

#103：$L-z1$

#104：0°～90°插入加工点计数器

#105：两相邻加工点间 θ 的差值 θ_1（°）

#106：P 点的 θ 值

#114：两相邻加工点间的轴向距离 z_1

#115：加工次数计数值

#119：进刀后将加工出的方轴的外接圆的直径

#121：X 方向的进给速度 f_1

用用户宏程序编制的车削子程序如下（直径编程）：

```
程序名为 O210
N200 G65 H01 P#115 Q1  加工次数计数初值=1
N210 G65 H05 P#105 Q90 R#503  两相邻加工点间θ的差值θ1（度） #105=90/#503
N220 G65 H04 P#110 Q4 R#505  #110=4n
N230 G65 H04 P#113 Q#110 R#504  113=4nL
N240 G65 H05 P#111 Q#506 R#110  #111=f/4n（每转过90°的轴向进给量）
N250 G65 H05 P#114 Q#111 R#503  z1=f/（4n*0°~90°插入加工点数）
N260 G65 H04 P#112 Q1.172 R#505  #112=1.172n
N270 G65 H04 P#121 Q#112 R#502  f1=#121=1.172nD=2.344nR（径向进给速度）
N280 G65 H01 P#100 Q0  z=0
N290 G65 H04 P#117 Q#115 R#507  #117=#115*#507
N300 G65 H03 P#118 Q1.414 R#117  #118=1.414-#115*#507
N310 G65 H02 P#120 Q#507 R1  #120=1+#507
N320 G65 H85 P350 Q#118 R#120  #118>=#120 转N350
N330 G65 H01 P#119 Q#502  #119=#502
N340 G65 H84 P360 Q#118 R#120  #118<1+#507 转N360
N350 G65 H04 P#119 Q#118 Q#502  #119=（1.414-#115*#507）D
N360 G01 X#119 F300  进刀至直径值#119处，准备加工
N370 G65 H01 P#106 Q0  θ=0
N380 G65 H01 P#104 Q1  0°~90°插入加工点计数器初值=1
N390 G65 H04 P#106 Q#105 R#104  θ=θ1*0°~90°插入加工点计数器值
N400 G65 H31 P#107 Q1 R#106  #107=sinθ
N410 G65 H32 P#108 Q1 R#106  #108=cosθ
N420 G65 H02 P#109 Q#107 R#108  #109=sinθ+cosθ
N430 G65 H05 P#101 Q#502 R#109  X=D/（sinθ+cosθ）
N440 G65 H22 P#102 Q#100  #102=|z|
N450 G65 H03 P#103 Q#504 R#114  #103=L-z1
N460 G65 H85 P490 Q#102 R#103  |z|>=L-z1 转N490
N470 G65 H03 P#100 Q#100 R#114  z=z-z1
N480 H80 P500  转N500
N490 H01 P#100 Q-#504  z=-L
N500 G90 G01 X#101 Z#100 F#121  车削至（x，z），进给速度1.172nD
N510 G65 H22 P#124 Q#100  #124=|z|（以免|z|=L时再加工一次）
N520 G65 H85 P560 Q#124 R#504  |z|>=L加工完全长，转N560
N530 G65 H02 P#104 Q#104 R1  0°~90°插入点计数器值#104=#104+1
N540 G65 H86 P390 Q#104 R#503  一个0°~90°加工循环未完，返回N390
N550 G65 H84 P370 Q#102 R#504  |z|<L未加工完全长，返回N370
N560 G65 H04 P#123 Q1.414 R#502  #123=1.414D
N570 G00 X#123 Z0  返回（1.414D，0），准备下一次加工
N580 G65 H02 P#115 Q#115 R1  加工次数计数值+1
N590 G65 H83 P280 Q#119 R#502  未加工至直径D，返回至N280
N600 M99  返回主程序
```

调用上述子程序的主程序如下：

```
N10 G90 G50 X（1.414D+150）Z200 S200 M03
N20 G00 X1.414D Z0
N30 M98 P210
N40 G00 X（1.414D+150）Z200
N50 M30
```

变量 #502～#507 可在程序中赋值，也可由 MDI 方式设定。

3. 几点说明

（1）工件的其余表面的加工编入主程序中。加工方轴前，先把毛坯外圆加工至方轴外接圆直径 D，并加工好端面。加工时从方轴端面外接圆的外切四方形的外接圆（如图所示：$R_1=SQR$（2）$R\approx1.414R$）处开始，分若干次完成加工。

（2）变量 #507 为确定加工次数的参数，#507 值越小，加工次数越多。如 #507=0.414，则一次加工完成；#507=0.2，则每次径向进刀 $0.2R$，需加工 3 次；如 #507=0.1，则需加工 5 次。由于在 0～90°的切削过程中径向的进给速度很快（$f_1=2.344nR$，如转速 $n=200$r/min，$R=20$mm 时，进给速度为 9.376m/min），为切削轻快和避免扎刀，加工的次数可适当增多。

（3）#503 为加工时在 0°～90°间插入加工点数。它的值越大，表面质量越好。

（4）如上所述，加工时工件的转速 n 不可太高（否则径向进给速度过快）。

（收稿日期：20040512）