基于i5数控系统宏程序加工钎具螺纹的工艺方法

宋金山，崔成林
通用技术集团机床工程研究院有限公司沈阳分公司　辽宁沈阳　110142

摘要：以钎头T38螺纹为例，提出基于i5数控系统的宏程序加工钎具螺纹的工艺方法。先利用二维CAD软件绘制出T38钎头螺纹轮廓图，并按相应刀尖半径进行整体偏移，再以图样中的尺寸数据为依据将螺纹轮廓转化成Z轴函数方程。最后基于i5数控系统的宏程序赋值R变量，设计了分层切削钎具螺纹的通用宏程序，实现了加工不同规格钎具螺纹的功能，避免了重复编程，不同规格螺纹只需修改R值参数即可。

关键词：钎具螺纹；i5数控系统；宏程序；R值参数

1　序言

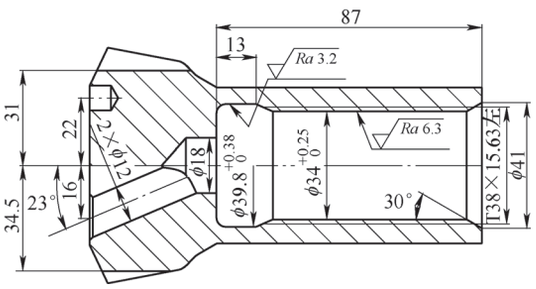
传统的加工钎具螺纹的方法是仿形车削法，这种方法切削抗力较大，且当长径比较大时会导致工件刚性不足，工艺系统容易出现严重振动，影响了产品的质量和生产效率[1]。此外现有仿形刀具加工中还存在刀具磨损和扎刀等现象[2]。随着CAE和CAM技术的快速发展，某些厂家开始利用螺纹切削指令G92进行钎头螺纹加工，这种方法较为先进，一般数控车床便可完成，但编程复杂，往往编辑篇幅过大，程序适用性很差，修改起来很麻烦[3]。随着工艺技术的提升，像抛物线、椭圆等线性零件轮廓，用软件或者数控系统自带G代码可以完成编程加工，而像钎具这类异形大螺距螺纹零件，软件还不够成熟。因此本文提出了基于i5智能数控系统宏程序加工钎具螺纹的工艺方法，可以解决多年来数控车床在加工异形大螺距螺纹时编程难的问题，并验证其可行性。不同的螺纹规格只需更改其对应的R参数值即可。

i5智能数控系统是通用技术沈阳机床上海研究院研发团队攻克了CNC运动控制技术、数字伺服驱动技术以及实时数字总线技术等运动控制领域的核心底层技术后，研发出的具有网络智能功能的智能系统[4]。i5是指工业化（Industry）、信息化（Information）、网络化（Internet）、智能化（Inteligent）和集成化（Integrate）[5]。本次切削采用搭载i5智能数控系统的T3规格车床。i5T3数控车床（见图1）是一款具有良好的高效性、经济性和环保性，并且适用于一般工业发展需求的高性价比智能车床产品。该车床搭载了通用技术沈阳机床研发的i5智能数控系统，采用T3平台结构，配置单元式主轴、主伺服电动机、八工位伺服刀架、直线导轨和两轴伺服电动机。整机采用全封闭式防护结构，具有高刚性和良好的动态性能，操作方便，结构可靠。

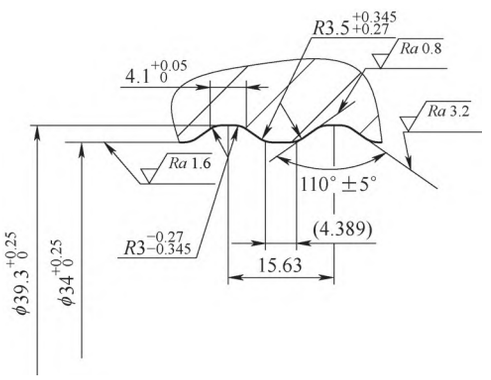
图1　i5T3数控车床

2　零件信息

钎具由钎头、钎杆和钎尾组成，三者通过螺纹联接连成一体，其螺纹形式有波形螺纹（R）、复合螺纹（HL）和梯形螺纹（T）三种[6]。本文以梯形螺纹（T）为例，由于钎头、钎杆和钎尾螺纹形式相同，故以加工钎头内孔螺纹T38×15.63为例进行介绍，图样如图2所示。



a）钎头



b）螺纹局部

图2　某厂家钎头T38×15.63图样

3　宏程序编程

i5数控车床宏程序编程就是利用数学函数公式的计算方式，配合车床数控系统中的G代码编制出的一种宏程序，工艺人员可以使用变量进行逻辑运算、算术运算和函数的混合运算。此外在i5数控系统中宏程序还提供了While循环语句、If条件转移语句、Goto无条件转移语句和子程序调用语句，利于编制各种复杂轮廓形状的零件加工程序，从而减少乃至免除人工编程时的繁琐数值计算，并精简一定量的程序段数。

3.1　根据钎头T38螺纹图形进行R参数赋值

在编辑宏程序前，首先按照钎头T38×15.63（螺距为15.63mm）原轮廓图形根据所选刀具刀尖半径大小进行偏移，采用刀具中心切轮廓以防止过切现象。因为钎头螺纹为内螺纹，故需向轮廓图形内偏移，如果螺纹为外螺纹则需向轮廓图形外偏移，再根据i5智能数控系统进行图形轮廓特征的宏程序R参数赋值（见图3）。R参数范围：R0~R99，断电后机床初始化为空值。具体参数为：R99=20，空刀导入量；R98=2.5，齿高；R92=0.1，精车余量；R93=0.8，刀尖半径；R94=0.4，轴向偏移增量；R95=0.3，径向偏移增量；R96=32.7，螺纹小

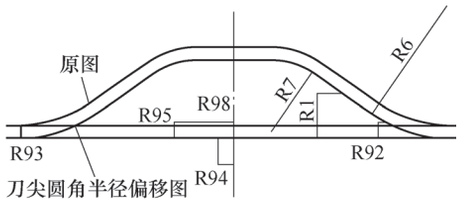


图3　螺纹图形偏移及R参数示意

径；R6=3.8075+R93，牙顶圆半径；R7=2.6929－R93，牙底圆半径；R1=0，径向偏移总量。

3.2　根据钎头T38螺纹图形轮廓求解*Z*轴函数方程

由于钎头T38螺纹一个螺距内横截面图形左右对称，故只需求解一侧图形的*Z*轴函数方程轨迹即可。同时将螺纹切削路径分为两刀切削完成，第一刀采用粗车路径切削的方法，第二刀采用精车路径切削的方法。根据图4所示，把T38螺纹一侧的图形轮廓分为3段，利用几何关系计算，求出*Z*轴3段图形轨迹的函数方程分别如下。

图形①：$Z=-[R6^2-(R6-R1)^2]^{1/2}+L$。

图形②：$Z=(H-R1)/\tan(A)$。

图形③：$Z=[R7^2-(R1-N)^2]^{1/2}+M$。

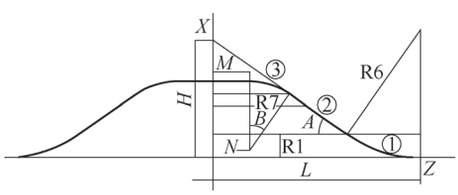


图4　螺纹图形分段

3.3　钎头T38螺纹宏程序粗车切削基本路径

根据图5所示，粗车实际的切削路径是分层切削，从最底层逐层向上切削，每一层从中间依次向两侧切削。

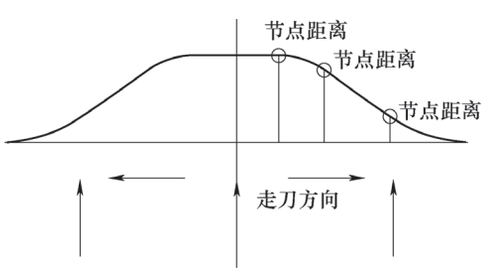


图5　螺纹粗车切削走刀路径

根据R参数赋值、粗车切削路径和*Z*轴图形轨迹函数方程，编辑粗车路径宏程序如下（注：程序中AA为文件AA.iso，相当于子程序，方便调用修改，其中编辑内容为G33Z-74K15.63；G0X31.5）。

N10

R3=-SQRT(R6*R6-(R6-R1)*(R6-R1))+6.8374; 图形①方程

R5=0; 轴向偏移总量

N20

G0Z=R99+R5; X=R96+2*R1; AA; G0Z=R99-R5; X=R96+2*R1; AA; R5=R5+R94; IF R5<=R3-R92 GOTO N20; G0Z=R99+R3-R92; X=R96+2*R1; AA; G0Z=R99-R3+R92; X=R96+2*R1; AA; R1=R1+R95;

IF R1<=0.8313 GOTO N10;

N30

R2=(3.7658-R1)/TAN(34.9585); 图形②方程

R5=0; 轴向偏移总量

N40

G0Z=R99+R5; X=R96+2*R1; AA; G0Z=R99-R5; X=R96+2*R1; AA; R5=R5+R94; IF R5<=R2-R92 GOTO N40; G0Z=R99+R2-R92; X=R96+2*R1; AA; G0Z=R99-R2+R92; X=R96+2*R1; AA; R1=R1+R95;

IF R1<=2.1585 GOTO N30

N50

R4=SQRT(R7*R7-(R1-0.6075)*(R1-0.6075))+1.2146; 图形③方程

R5=0; 轴向偏移总量

N60

G0Z=R99+R5; X=R96+2*R1; AA; G0Z=R99-R5; X=R96+2*R1; AA; R5=R5+R94; IF R5<=R4-R92 GOTO N60; G0Z=R99+R4-R92; X=R96+2*R1; AA; G0Z=R99-R4+R92; X=R96+2*R1; AA; R1=R1+R95;

IF R1<=R98-0.05 GOTO N50; G0Z30

3.4 钎头T38螺纹宏程序精车切削基本路径

根据图6所示，精车实际的切削路径也是分层切削，同样从最底层逐层向上切削，但每一层是沿着螺纹轮廓分左右两次进刀进行切削。

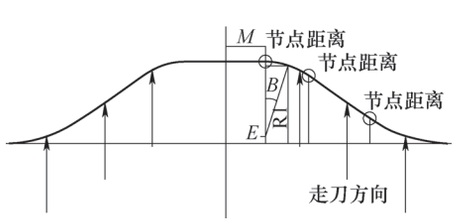


图6 螺纹精车切削走刀路径

同样根据R参数赋值、精车切削路径和Z轴图形轨迹函数方程，编辑精车路径宏程序如下。

N70

R90=0.03; 精车层厚

R3=-SQRT(R6*R6-(R6-R1)*(R6-R1))+6.8374; 图形①方程

G0Z=R99+R3; X=R96+2*R1; AA; G0Z=R99-R3; X=R96+2*R1

AA; R1=R1+R90; IF R1<=0.8313 GOTO N70

N80

R90=0.04; 精车层厚

R2=(3.7658-R1)/TAN(34.9585); 图形②方程

G0Z=R99+R2; X=R96+2*R1; AA; G0Z=R99-R2; X=R96+2*R1

AA; R1=R1+R90; IF R1<=2.1585 GOTO N80;

R10=34.9585

N90

R4=R7*SIN(R10)+1.2146; 图形③方程

R11=R7*COS(R10)+0.6075; G0Z=R99+R4; X=R96+2*R11; AA; G0Z=R99-R4; X=R96+2*R11; AA; R10=R10-1; IF R10>=0 GOTO N90

R5=1.2146; R1=R98; R94=0.1;

N100

G0Z=R99+R5; X=R96+2*R1; AA;

G0Z=R99-R5; X=R96+2*R1; AA; R5=R5-R94; IF R5>=0 GOTO N100; G0X31.5; Z50

4 钎头T38螺纹宏程序切削验证

首先把宏程序用U盘导入i5智能数控系统上，通过模拟加工模块，检查切削路径是否有误，如图7所示，黄色线为切削路径，绿色线为快移路径。经过模拟验证，宏程序没有问题，路径分层清晰可见。

图7 内螺纹加工模拟

在i5T3数控车床上，钎头T38螺纹工件通过标准硬爪夹持，切削刀具为山特维克可乐满内孔中直刀，型号570-SDXCL-25-07-D，刀片角度为55°，刀尖圆角半径为0.8mm，如图8所示。

经过实际切削，结果如图9所示，钎头T38×15.63螺纹轮廓尺寸及表面粗糙度均能满足零件图样要求。

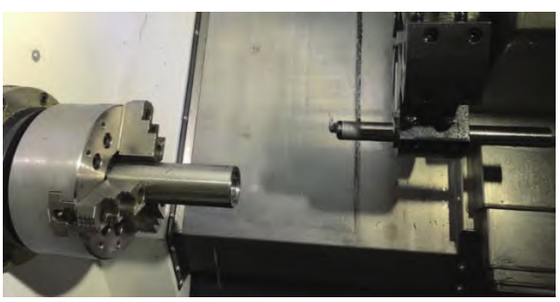


图8　工件及刀具状态

图9　实际切削工件剖面

应用同样的宏程序编程方法，成功切削了钎杆外螺纹T38×15.63，选用山特维克可乐满外圆中直刀，型号TR-D13NCN 3225P，刀片角度为55°，刀尖圆角半径为0.8mm。通过i5智能系统模拟加工模块进行模拟（见图10），宏程序没有问题，路径

图10　外螺纹加工模拟

分层同样清晰可见，钎杆外螺纹切削结果如图11所示，轮廓尺寸及表面粗糙度均满足图样要求。

图11　钎杆外螺纹切削结果

5　结束语

通过搭载i5智能数控系统的车床，采用宏程序编程方法，选用山特维克可乐满标准55°中直刀具实现了钎具螺纹加工，工艺人员只需要根据钎具螺纹规格参数修改指定的R参数值，即可实现不同规格钎具螺纹的加工，解决了人工编程复杂、修改繁琐的问题。该方法具有编程效率高、柔性高的特点，已经被应用到某些企业中，使得其相关钎具的质量得到大幅提升。

参考文献：

[1] 王乃彦，尤利. 数控镗床加工大尺寸锯齿形内螺纹[J]. 现代制造工程，2006（10）：124-126.

[2] 骆仕斌，李爱娜. 基于宏程序的楔形防松螺纹数控功能开发[J]. 机床与液压，2019，47（16）：87-92.

[3] 李永胜，陈茹，何小宏，等. 一种利用数控宏程序加工波形螺纹的方法：CN104460526B[P]. 2015-09-16.

[4] 韦仁. 沈阳机床连续三年全球第一的背后[J]. 装备制造，2014（11）：62-63.

[5] 胡启林. 引领产品升级 沈阳机床智能系列受青睐[N]. 中国工业报，2014-05-26（B01）.

[6] 魏大恩. 矿山机械[M]. 北京：冶金工业出版社，2017.

MW 20240613