

Mastercam软件在特殊螺纹加工中的应用

邹峰¹, 孙武兵², 张甜甜², 张伟¹

1. 湖北三江航天红林探控有限公司 湖北孝感 432100
2. 湖北三江航天红峰控制设备有限公司 湖北孝感 432100

摘要: 通过研究异形螺纹加工的难点, 开发Mastercam软件的螺纹辅助制造功能, 使异形螺纹加工不再是难题。通过粗、精车加工策略辅助制造异形螺纹的方法, 将开发出的Mastercam软件螺纹加工功能运用于各类难加工材料螺纹的加工中。

关键词: Mastercam; 异形螺纹; 双向进刀

1 序言

Mastercam软件是一种编程软件, 虽被广泛应用于铣削、车削外部及内部复杂型面加工的自动编程中, 但却往往忽略了对该软件在特殊材料、特殊结构螺纹加工中优势的开发、挖掘与应用。在车削螺纹时, 通常会采用数控系统自带的固定循环来加工螺纹, 当遇到特殊材料、特殊结构的螺纹加工时, 会出现扎刀、断刀或啃刀的现象, 严重影响到产品螺纹表面粗糙度及尺寸精度, 而采用Mastercam软件的粗、精车加工策略和车削自定义螺纹策略两种方法均可加工各种螺纹, 方式灵活, 可实现多种进刀方式^[1-3]。尤其是粗车加工策略能够使用分层双向进刀, 比常规的轴向分层加工效率提高70%。对不同形状、材料和结构的螺纹, 只需要对程序进行修改, 即可完成螺纹加工。下面介绍两种不同的加工策略进行螺纹车削编程。

2 采用粗、精车加工策略加工异形外螺纹

2.1 异形外螺纹的种类及加工难点

(1) 梯形螺纹 通常采用相应的标准螺纹刀具, 沿牙型一侧采用斜进刀或直进刀的方式, 如“G92 G76”的螺纹加工循环方式。其弊端是随着切削深度逐渐增大, 刀具和螺纹的接触面也随之增加, 产生的切屑夹在刀尖与螺纹槽中容易挤裂, 划伤已加工螺纹表面。且加工时切削力较大, 易引起振动, 刀具易折断。

(2) 圆弧形螺纹 牙型轮廓为非标准螺纹, 没有合适的螺纹刀具。机床固定循环程序无法加工, 采用手工和宏程序编制程序较为复杂, 难以满足加工需求。

2.2 使用Mastercam粗、精车加工策略加工异形外螺纹

(1) 梯形螺纹加工 例如加工Tr40×6螺纹, 先绘制螺纹牙型。在粗车加工策略中串联图形, 选择一把梯形螺纹刀具, 关闭刀具补正, 不进行刀具补偿。因为采用Tr6.0梯形螺纹刀具直接加工到尺寸, 所以不需要再进行精车策略的加工。

将切削方式改为交替式双向进刀(见图1), 采用增量的切削深度, 首次切削深度0.25mm, 最终切削深度0.1mm, X、Z方向不留余量, 断屑长度设置1mm, 实现步距量1mm的双向进刀。最后需要对输出的NC代码进行编辑(编辑后的路径见图2), 具体方法在后面圆弧螺纹加工中介绍。图2中NC代码如下。

```
X33.226 Z6.908
G32Z-30F6
X42
G0Z8
X33.11 Z6.973
G32Z-30F6
X42
G0Z8
```

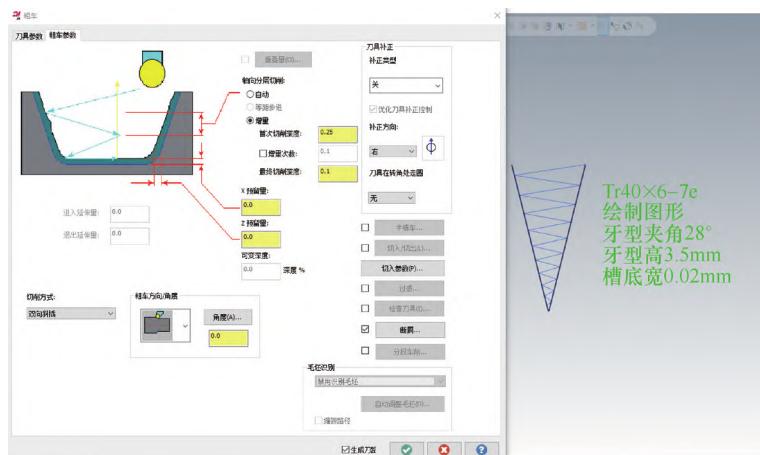


图1 交替式双向进刀

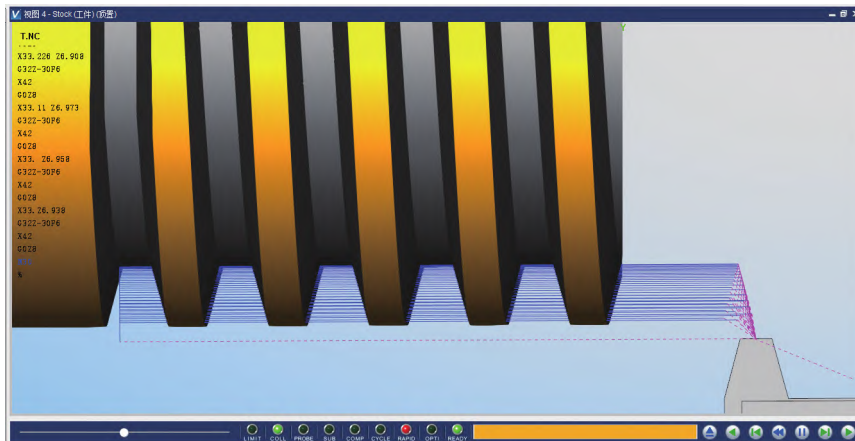


图2 梯形螺纹编辑后的刀具路径

X33. Z6.958
G32Z-30F6
X42
G0Z8
X33. Z6. 938
G32Z-30F6
X42
G028
M30
%

度设定为0.25mm, 最终切削深度0.1mm, X、Z方向留余量0.1mm。粗车进刀轨迹和仿真分别如图3、图4所示。

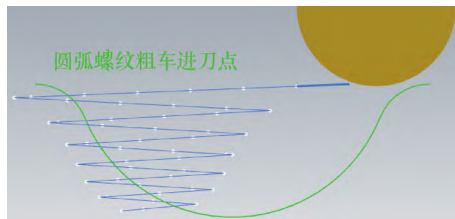


图3 圆弧螺纹粗车进刀轨迹

(2) 圆弧螺纹加工 通常采用 35° 尖刀、圆弧刀和切槽刀加工异形截面的螺纹, 依靠刀尖圆弧逐点逼近螺纹的轮廓。需要分粗车和精车进行加工。具体步骤如下。

- 1) 绘制出圆弧螺纹截面牙型, 串联图形。
- 2) 选择粗车加工策略: 在刀具表中选择 $R1.5\text{mm}$ 圆弧刀具, 采用增量切削模式, 首次切削深

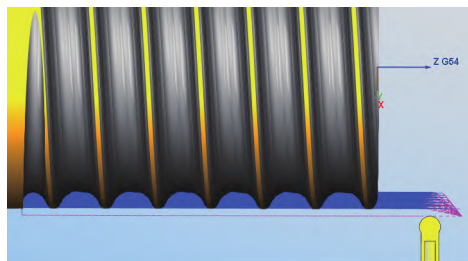


图4 圆弧螺纹粗车仿真

3) 补正方式: 刀具补正类型为软件自动补正, 通常外螺纹加工为右补正, 内螺纹加工为左补正, 刀具在拐角加工时, 软件上圆的选项设为无 (不输出圆弧指令)。

4) 切削方式: 采用双向进刀方式, 效率高。

5) 当螺距过大, 沿牙型两侧进刀不能充分去除余量时, 可利用软件编程中的两种方式解决: 一是利用断屑选项中的断屑长度设置来控制轴向的进刀量。二是在刀具路径管理器中, 使用右键选择粗加工时所使用的刀具路径, 在编辑刀路中添加进刀点, 在位置处点击上下箭头, 对粗车刀具路径的刀位点进行添加, 选择新位置点 (可输入坐标点也可用光标直接选择)。推荐采用第一种方式, 简便快捷, 但第二种方式也有其优势, 即灵活性高, 可在任意处添加刀路。

6) 精车螺纹: 利用刀尖半径逐点逼近螺纹轮廓, 对螺纹轮廓进行精加工。精车进刀轨迹和仿真分别如图5、图6所示。

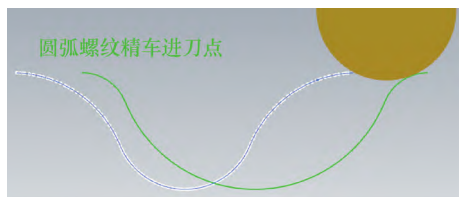


图5 圆弧螺纹精车进刀轨迹

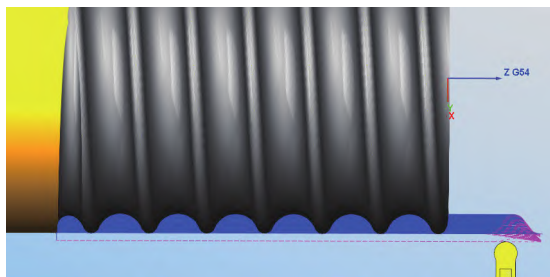


图6 圆弧螺纹精车仿真

具体步骤: ①打开机床定义管理再点击控制定义, 打开圆弧选项并在车床中关闭支持XY平面的圆弧选项, 保存并退出 (仅输出G01程序指令)。②选择精加工策略, 补正方式同粗加工, 断屑长度0.1mm, 可根据螺纹表面质量调整大小。

对输出的NC代码进行编辑: 在所有螺纹轮廓坐标点程序段后添加“*”符号。打开CIMCO编辑器框选螺纹轮廓坐标点程序段, 在插入字符串选项

中, 输入“*”, 选择在行尾输入并确认。在替换选项的查找内容中输入“*”, 替换为内容中填写如下程序段 (以导程为7.6mm的圆弧螺纹为例)。

G32Z-40F7.6

X42

G0Z12

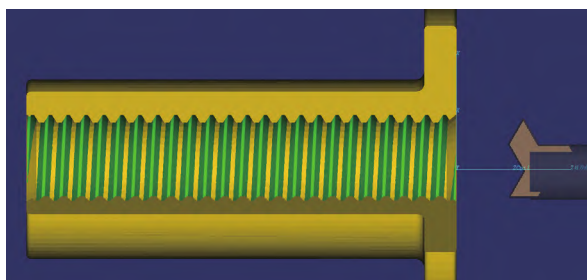
前后均留一段空行, 选择Multiline选项, 替换全部即可完成对程序的修改。

双向进刀方式的优点: ①沿牙型两侧斜进刀, 切屑容易排出, 并且每刀的切削深度逐渐变小, 类似于恒切削量的切削方式, 切削力小, 不会存在扎刀现象, 直到切削全部完成。②针对难加工的铝合金的细牙螺纹、软铝合金螺纹, 可解决螺纹表面崩缺的加工难题。③可加工弱刚性零件的螺纹, 切削振动小, 零件表面质量高。④在相同的切削参数下, 采用双向进刀加工零件所需时间同常规的平行进刀相比明显缩短, 大幅度提高了加工效率, 可缩短加工时间70%。

3 采用车削自定义螺纹策略加工小孔径大螺距内螺纹

3.1 实例零件

以某典型螺母为例, 该零件材料为40Cr, 热处理硬度为32~36HRC, 如图7所示。



a) 螺纹示意



b) 实物

图7 螺母加工实例

3.2 常规方式加工内螺纹的难点

1) 由于该零件为M16×5的内孔螺纹，具有孔径小、螺距大和牙型深的加工难点，极大地限制了刀杆尺寸，只能采用手工磨制的硬质合金螺纹刀具加工螺纹。在刀具进入工件时，由于刀杆与孔径的容屑空间小，所以切屑无法顺利排出，经常缠绕在刀杆上，如果不及时清理，容易造成挤屑，使刀具折断。

2) 采用数控系统自带的固定循环的方式车削螺纹，会出现刀片的两个侧刃同时参与切削的情况。参与切削的刃部过长则极易产生振动，随着螺纹刀具切削深度的增加，产生的切削力越来越大，由于孔径过小而导致刀杆刚性不足，加剧刀具刃部磨损并出现啃刀现象。

3) 螺纹切削可采用两种进刀轨迹（见图8），一是径向进刀，这是最简单快捷的方法，进刀方向垂直于旋转主轴，刀片的两个侧刃同时参与切削，但由于参与切削的刃部过长，因此易产生振动现象，形成V字形断面切屑，会导致切屑处理困难，此进刀方式常用于小螺距螺纹的加工。二是改进式侧向进刀，利用刀片一侧侧刃进给切削，使切屑容易排出切削区域，刀片同时切削螺纹牙型两侧，可以避免后刀面的磨损，虽然也会形成V字形切屑，但是两侧切屑厚度不平均，有利于排屑，切削力小，不容易引起振动，其缺点是手工编程繁琐，容易出错。

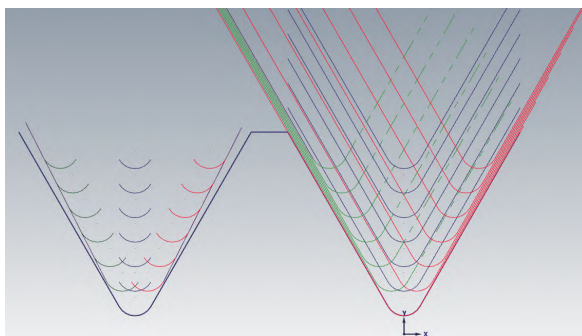


图8 两种进刀轨迹

3.3 Mastercam软件加工内螺纹的方法

采用Mastercam软件的车削自定义螺纹策略，可彻底解决以上全部加工难点。利用Mastercam软件，依据螺纹轮廓形式，绘出需要加工的螺纹牙型图形并串联，通过选择加工刀具，串联螺纹轮廓，选择粗、精加工参数，进行刀具的移动控制等参数设定，完成螺纹加工路径编辑（见图9）。

（1）车削自定义螺纹编辑过程 具体步骤如下。

1) 刀具选择：利用软件自带刀具库进行选择。

2) 螺纹形状类型选择：根据螺纹牙型截面绘制出螺纹牙型并串联，在软件库中选择螺纹类型及螺距。为了提高螺纹表面质量，60°的螺纹牙型角绘制为58°，牙两侧留1°余量。

3) 粗加工设置：选择D向和Z向的进刀量、切削方式和余量。为了提高加工效率，粗加工选择较大步距，但会造成表面粗糙，残留面积比较大，需

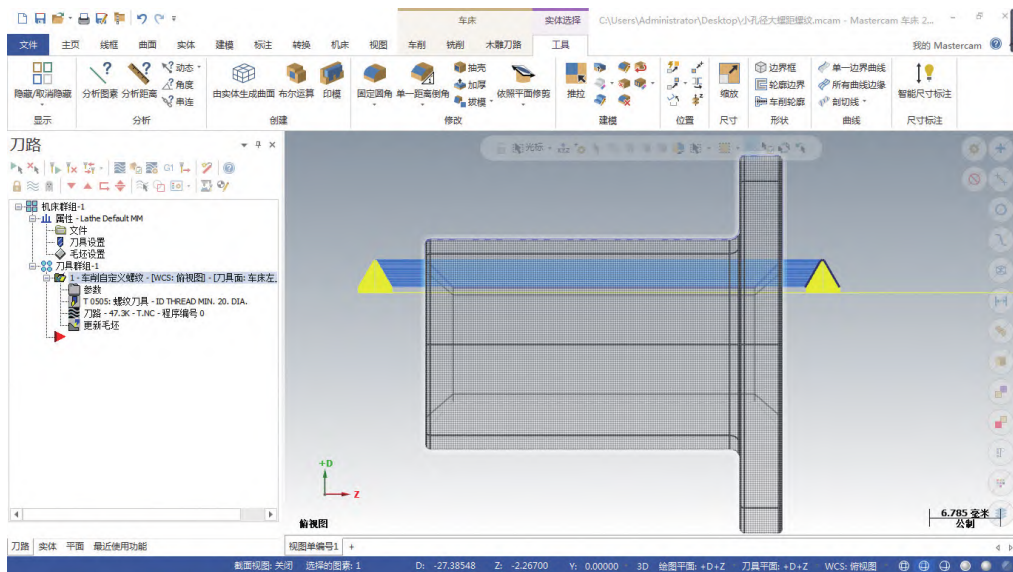


图9 螺纹加工路径编辑界面

要精加工进行精修。

4) 精加工设置: 选择D向和Z向的进刀量、切削方式和余量。根据螺纹表面残留面积的大小选择合理的步距。

5) 基本移动控制的选择: 在软件库中选择螺纹起点、终点和进退刀参数。

6) 刀具检查项目: 可使程序暂停, 进行刀具检查, 清理切屑。

7) 毛坯间隙选择: 依据毛坯大小, 在软件中设定刀具的安全距离。

(2) 车削自定义螺纹加工过程 采用分层进刀的方法加工螺纹。利用分层, 逐步把每一层高度的螺纹牙型加工出来, 要始终保持较小的切削面积, 切削力小则刀杆不易折断。通过步进量的间距设定来控制每层的进刀次数, 完成每一层牙型的加工。采用双向交替的切削方向可实现直进法中间进刀, 再分别在左右两侧沿着 1° 的夹角角度进刀。另一侧的切削刃也参与切削, 但切削深度不能超过

0.01mm, 这样可减少刀具磨损, 提高零件表面质量。该零件牙型高为2.5mm, 由于刀具悬伸长, 刚性较差, 因此每层的切削深度不宜过大。为了提高加工效率, 牙型在达到2mm切削深度之前, 每层加工深度为0.15mm, 确保加工状况良好。两侧进刀角度为 1° , 随着切削深度的增大, 切削刃一侧的接触面积也逐渐增大, 当牙型余下的深度为0.5mm时, 每层加工深度减少为0.1mm, 确保切削轻快, 加工状况良好。加工仿真如图10所示, 自定义螺纹路径如图11所示。

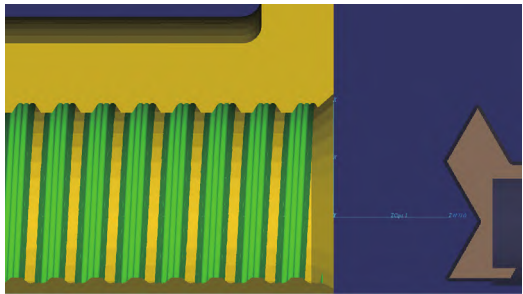


图10 螺纹加工仿真

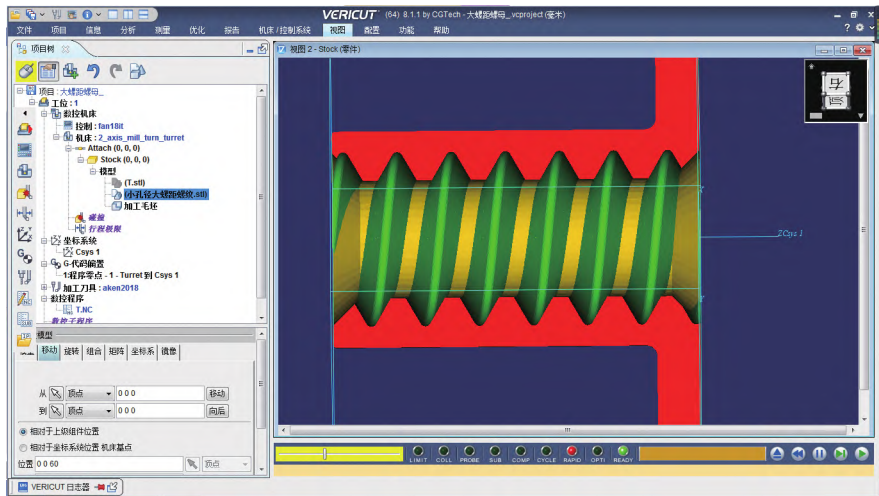


图11 自定义螺纹路径

4 结束语

通过研究Mastercam软件在特殊结构螺纹加工中的优势, 对Mastercam软件功能进行开发、挖掘与应用, 实现了不同齿形、不同螺距的螺纹零件的加工, 加工方法可通用于各类难加工材料的螺纹加工, 使Mastercam软件的编程优势以及数控车床精度高、效率高的特性和技术优势都得到了充分的利用和发挥。

参考文献:

- [1] 何满才. Mastercam X数控车加工实例精讲[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2007.
- [2] 孙武兵. 基于宏程序自定义螺纹车削循环的应用[J]. 金属加工 (冷加工), 2015 (17): 70-72.
- [3] 卫锋, 段好运. MasterCAM螺纹铣削数控程序应用[J]. 现代制造技术与装备, 2021, 57 (3): 194-195.

MW 20240426