

基于螺旋线铣削大导程滚珠丝杠的应用

撰文 / 福州大学 林冰香

一、引言

滚珠丝杠是工具机和精密机械上最常使用的传动元件，其主要功能是将旋转运动转换成线性运动，或将直线运动转化为回转运动，传动时具有传动精度高、传动效率高和传动可逆性等优点，在各行各业中得到广泛地应用。它存在导程大、螺纹升角大、切削余量深以及表面光洁度要求高等加工特点在生产中始终是一个加工难点。图 1 所示是某纸箱包装厂委托我院实训中心加工的滚珠丝杠零件图，它导程为 40mm，螺旋线数量为 2 的双头丝杠，钢球直径为 $\phi 18\text{mm}$ 。企业在生产中若用数控车床加工在加工过程中易产生振动、断刀及乱扣等现象。同时存在编程困难、对操作者的技术要求高、生产效率低和劳动强度大等问题。本文运用 NX 软件造型，PowerMILL 软件编制加工程序，运用 XD-40 型四轴四联动的数控铣床回转工作台加工，很好的解决了这一加工难题。

二、滚珠丝杠的加工工艺分析

图 1 所示的滚珠丝杠加工材料为 45 钢，在车床上控制好外圆、零件总长的尺寸精度及打端面中心孔后，螺旋槽在四轴四联动的数控铣床回转工作台上铣削。为确保零件

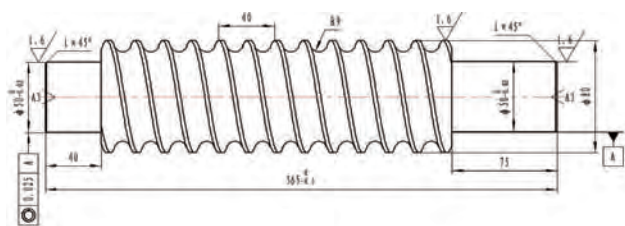


图 1 滚珠丝杠零件图

的加工刚性，拟采用一夹一项的装夹方式。螺旋槽截面形状为 R9 的半圆，加工深度深，切削余量大，为保证零件的加工精度，提高刀具的使用寿命，借鉴普通车床加工梯形螺纹采用的直进法、左右切削法等加工方法生成刀具运动轨迹。其工艺编排如下。

(1) 用 $\phi 8\text{R1}$ 的圆鼻刀开粗，铣削中间区域，直径方向留 0.2mm 精加工余量，如图 2 所示。

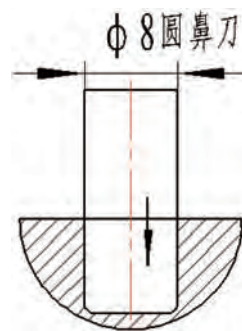


图 2

(2) 用 $\phi 8\text{R1}$ 的圆鼻刀开粗，铣削左侧区域，左侧区域留 0.2mm 精加工余量，如图 3 所示。

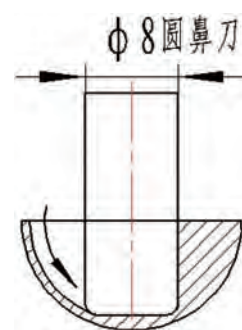


图 3

(3) 用 $\phi 8R1$ 的圆鼻刀开粗, 铣削右侧区域, 右侧区域留 0.2mm 精加工余量, 如图 4 所示。



图 4

(4) 用 R5 球头刀精加工铣削半圆形螺旋槽至尺寸, 如图 5 所示。

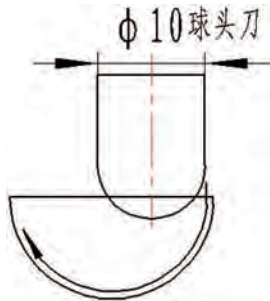


图 5

三、滚珠丝杠加工模型的建立

建模步骤: 生成回转体—画螺旋线—画截面线—扫掠除料—画截面线—已扫掠曲面—偏置曲面—曲面求交获得螺旋曲线—退出 NX 软件。

具体操作如下。

(1) 启动 NX4.0 软件, 进入建模的模式。

(2) 选择“插入”——“设计特征”——“回转”命令, 系统弹出“回转”对话框。

(3) 单击“草图剖面”, 选择“XC—YC 平面”, 单击确定按钮, 进入草绘模式绘制图 1 所示的圆柱形外轮廓, 单击“完成草图”, 如图 6 所示, 单击“确定按钮”。

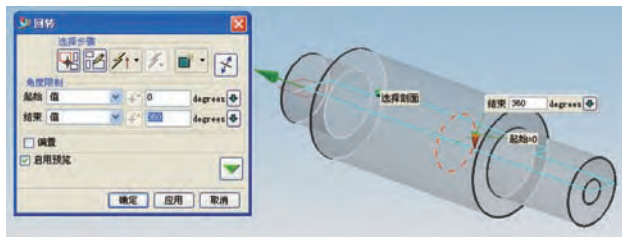


图 6 绘制回转圆柱体

(4) 选择“插入”——“曲线”——“螺旋”命令, 弹出

螺旋线参数对话框, 设置相应参数, 创建第一条螺旋线, 运用“点构造器”功能创建第二条螺旋线, 如图 7 所示。

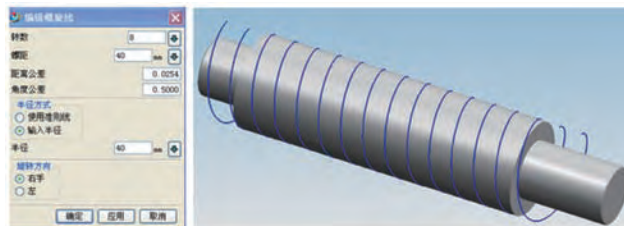


图 7 创建螺旋线

(5) 分别绘制两个直径为 $\phi 18$ 的圆 (过程略)。选择“插入”——“扫掠”——“沿导线扫掠”命令, 选择剖面线串为直径 $\phi 18$ 的圆 1, 引导线串为绘制的螺旋线 1, 单击“确定”按钮, 选择布尔操作“求差”命令, 生成图 8 所示的第一条螺旋槽, 相同方法生成第二条螺旋槽。

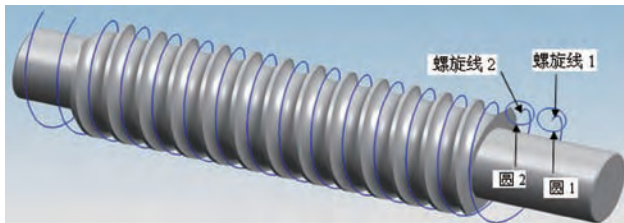


图 8 螺旋槽效果图

(6) 绘制剖面线串 1, 过程略。选择“插入”——“扫掠”——“已扫掠”命令, 选择螺旋线 1 作为引导线串, 再选择剖面线串 1, 生成图 9 所示的扫掠曲面。

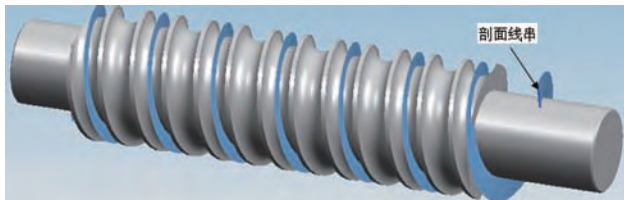


图 9 扫掠曲面

(7) 选择“插入”——“偏置”——“偏置曲面”命令, 将图 9 生成的扫掠曲面向左偏移 8 次, 每次偏移距离 1mm (左边粗加工分层铣削用)。再向右偏移 8 次, 每次偏移距离 1mm (右边粗加工分层铣削用), 共 16 次。选择“插入”——“来自实体集的曲线”——“求交”命令, 用偏移的曲面与螺旋槽求交获得求交曲线。如图 10 所示。

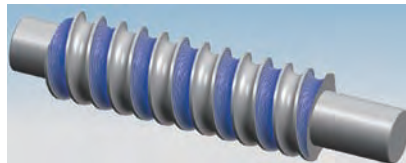


图 10 粗加工求交曲线

(8) 按照精加工时 R5 球头刀在 X 向每次偏移 0.3mm 的加工思路, 重复 7 的步骤, 将扫掠曲面向左、向右各偏移 30 次, 扫掠曲面与螺旋槽求交的曲线作为精加工用, 如图 11 所示。

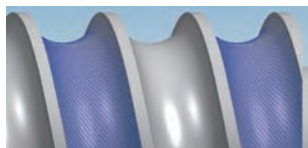


图 11 精加工求交曲线

(9) 保存文档, 退出 NX 软件。

四、生成四轴加工轨迹

生成加工轨迹步骤: 导入零件图—创建工件坐标系—创建毛坯—生成参考线—螺旋槽中间粗加工—复制变换加工轨迹—螺旋槽左侧粗加工—螺旋槽右侧粗加工—螺旋槽精加工—复制变换加工轨迹。具体操作如下。

(1) 启动 PowerMILL10.0 软件, 导入滚珠丝杠图档。

(2) 创建用户坐标系。

坐标系建立在工件左端面与回转中心线上(四轴回转工作台安装在右手边)。由于在“PowerMILL”系统中创建圆柱毛坯时, 是以 Z 轴为圆柱的轴线, 这就要求模型的轴线与世界坐标系的 Z 轴重合。本文加工滚珠丝杠运用的是 XD-40 型立式四轴联动数控铣床, 在加工时又要求模型的轴线与机床的 X 轴平行。解决这个矛盾的办法是, 使用世界坐标系来创建毛坯, 用户坐标系编程。

右键单击浏览器上的“用户坐标系”在弹出的“用户坐标系”菜单中选择“产生用户坐标系”, 弹出用户坐标系对话框, 在“激活用户坐标系”下拉菜单中选中“1”, 按图 12 所示设置, 完成用户坐标系与世界坐标系位置关系的调整。



图 12 调整用户坐标系

(3) 定义毛坯。单击工具栏“毛坯”按钮, 在弹出的毛坯参数对话框设置相应参数, 如图 13 所示。其中 Z 的最

小值与最大值分别设置为“40”与“290”, 分别表示螺旋槽的起点与终点。毛坯显示效果如图 12 阴影所示。



图 13 定义毛坯

(4) 产生参考线。右键单击资源管理器中的“参考线”, 选择“产生参考线”, 单击插入图 8 生成的“螺旋线 1”, 产生了粗加工参考线“1”。同样用图 10、图 11 获得的求交曲线分别生成左边粗加工参考线“2”、右边粗加工参考线“3”及轮廓精加工参考线“4”, 如图 14、图 15、图 16 所示。

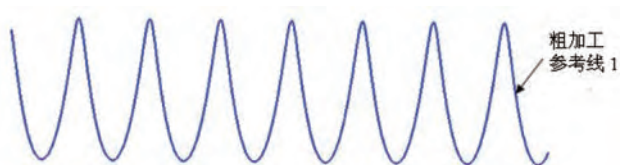


图 14 粗加工参考线

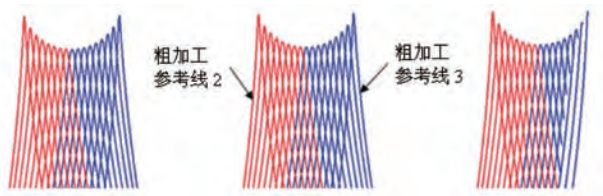


图 15 左、右粗加工参考线

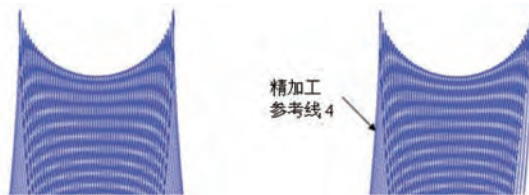


图 16 精加工参考线

(5) 设置粗加工刀具路径参数。在 PowerMILL 综合工具栏中, 单击“刀具路径策略”按钮, 选择“精加工”选项卡, 选择“参考线精加工”加工策略, 单击“接受”按钮, 打开“参考线精加工”表格, 在参考线的下拉选项

中选取创建的参考线“1”，设置完相关参数后，单击“应用”按钮，如图 17 所示。系统计算出图 17 参数设置的粗加工刀具路径 1，单击“取消”按钮，关闭“参考线精加工”表格。



图 17 设置刀具路径参数

(6) 变换刀具路径。右键单击资源管理器中的刀具路径 1，选择“编辑”——“变换”命令，在弹出的“变换刀具路径”对话框中设置图 18 所示的参数，单击绕 X 轴旋转，单击接受，完成了刀具路径的旋转复制。



图 18 变换刀具路径

(7) 生成左、右边粗加工刀具路径。在图 17 设置刀具路径参数的表格中，参考线的下拉选项中分别选取创建的参考线“2”，参考线“3”，设置完相关参数后，单击“应用”按钮。如图 19 所示。

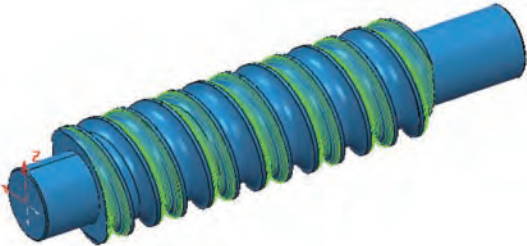


图 19 粗加工刀具轨迹

(8) 按步骤 5 变换刀具路径的方法复制变换刀具路径。效果如图 20 所示。



图 20 复制变换刀具轨迹

(9) 生成精加工刀具路径。在图 17 设置刀具路径参数的表格中创建一把 R5 的球头刀具，参考线的下拉选项选取创建的参考线“4”，设置完相关参数后，单击“应用”按钮。

(10) 按步骤 5 变换刀具路径的方法复制变换刀具路径。效果如图 21 所示。

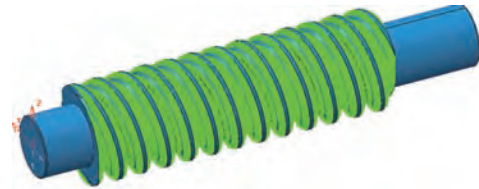


图 21 精加工刀具轨迹

(11) 仿真加工、生成加工程序（过程略）。效果如图 22、图 23 所示。



图 22 精加工仿真效果图

图 23 加工程序

五、结语

本文通过铣削一滚珠丝杠的实例，阐述了运用数控回转工作台铣削大导程滚珠丝杠创建程序的过程。充分利用软件各自的优势，快速生成加工模型及加工程序的编制，其中生成刀具轨迹时借鉴普通车床车削梯形螺纹的加工方法，解决了滚珠丝杠在生产中因导程大、螺旋升角大易对刀具造成损坏等问题。从而提高加工效率，保证了加工表面质量，为加工大导程滚珠丝杠提供了有益的借鉴。