

基于 NX8.5 的倒型腔曲面的三轴数控加工

撰文 / 天津重型装备工程研究有限公司 周铁玲

在机械加工过程中，经常由于加工条件受限，需要采用三轴数控机床加工如图 1 所示的零件，此类零件存在一些法向矢量与刀具轴矢量夹角大于 90° 的曲面，给加工带来一定的难度，此类零件特征被称为“倒型腔”。

表 8 实验 I 方差分析表（直流冷却通道）

因素	f	S	V	F	P (%)
A	2	4.242×10^{-5}	2.121×10^{-5}	—	5.95
B	2	1.350×10^{-5}	6.751×10^{-6}	—	1.90
C	2	63.60×10^{-5}	3.180×10^{-4}	—	89.28
D	2	2.044×10^{-5}	1.022×10^{-5}	—	2.87
合并误差	0	0			100
总和	8	71.24×10^{-5}			

表 9 实验 II 方差分析表（随形冷却通道）

因素	f	S	V	F	P (%)
A	2	2.675×10^{-5}	1.337×10^{-5}	—	3.55
B	2	9.556×10^{-8}	4.778×10^{-8}	—	0.01
C	2	7.173×10^{-4}	3.586×10^{-4}	—	95.27
D	2	8.762×10^{-6}	4.381×10^{-6}	—	1.16
合并误差	0	0			100
总和	8	7.529×10^{-4}			

根据表 8 和表 9，直流冷却通道影响薄壁件翘曲最重要因素是保压压力，达到 89.28%。其次是模具温度，达到 5.95%。由于其他因素贡献率小于 5%，故不重要。

另一方面，随形冷却通道影响薄壁件翘曲最重要因素也是保压压力，达到 95.27%，其他因素不重要。

表 10 给出了两种冷却通道采用田口分析法获得的最优翘曲数值和最佳设置参数。从分析中看出，薄壁件翘曲值从

对于截面形状复杂的倒型腔，无法使用宏程序编程，需要借助计算机软件进行辅助编程。Siemens 公司的 NX CAM 是一种成熟的计算机辅助编程软件，可靠性高。随着该软件版本的提高，软件的功能也不断增强，但是由于软件

0.2967 mm 减小到 0.2950 mm。

表 10 直流和随形冷却通道最佳参数设置及翘曲值

		直流冷却通道	随形冷却通道
影响因素	模具温度 ($^\circ\text{C}$)	50	50
	融化温度 ($^\circ\text{C}$)	260	260
	保压压力 (MPa)	80	80
	保压时间 (s)	12	12
翘曲值 (mm)		0.2967	0.2950

虽然改进不大，但从改善模制零件质量的角度出发，是应当予以考虑的。模制件、浇注系统、冷却通道类型及塑料树脂类型的不同，会产生不同的翘曲值。因此，在某些情况下，随形冷却通道的影响效果不能被忽略。

四、结语

本研究采用了田口法和方差方法，可以得出如下结论。

(1) 通过采用田口正交阵列法能降低实验次数，可采用 ANOVA 法确定影响模制件翘曲值的重要因素。

(2) 薄浅部的翘曲从 0.2967mm 变为 0.2950mm，随形冷却通道相比于直流线形冷却通道得到了一定的改进。

(3) 随形冷却通道都能够改善模制零件的翘曲变形，精密尺寸部分应考虑随形冷却通道，以提高模制零件的质量。

内部算法安全性等问题,使用该软件的三轴加工功能加工倒型腔类的零件仍然存在一定的困难。本文针对该问题进行了多方面的研究,利用软件结合实际经验总结出了两种倒型腔曲面零件的加工方法,解决了复杂曲面倒型腔的三轴数控加工难题。

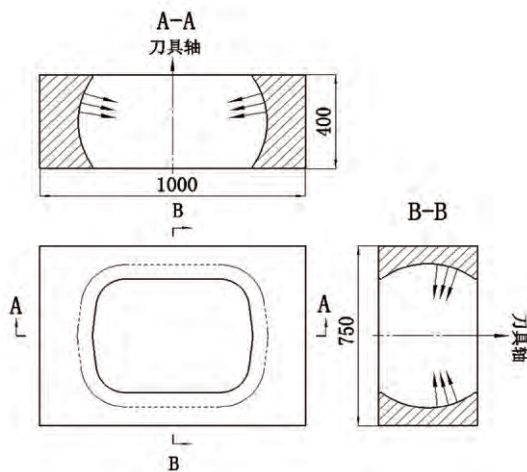


图1 倒型腔曲面零件

一、编程思路

对于图1所示的型腔类零件,无论毛坯是锻件还是铸件,都需要先进行粗加工,然后再精加工。

若毛坯是实心的锻件毛坯,则首先需要利用钻头、刀盘等先进行开粗加工,将封闭区域加工成矩形直面或阶梯面作为软件编程的毛坯,再利用软件生成粗精加工程序进行粗精加工。若毛坯是铸件,余量比较均匀,则可以将零件曲面进行均匀偏置作为软件编程的毛坯,再利用软件生成粗精加工程序进行粗精加工。

但是无论是哪种毛坯,在余量较多时都不能直接沿零件轮廓三轴联动加工,需要沿刀轴方向逐层切削零件轮廓成型。因此,利用软件编制出沿刀轴方向逐层切削的程序是完成此类零件加工的关键。

二、加工刀具

1. 刀具选择

适合三轴加工该类曲面零件的刀具有成形铣刀和圆弧三面刃铣刀。成形铣刀可以在普通机床上加工出与零件形状一样的表面,加工效率高,使用方便,但是需要针对零件单独设计,成本较高。圆弧三面刃铣刀可以利用圆弧刀片的侧

刃甚至后刃切削,在不转动刀轴矢量的情况下,仍可以加工曲面法向矢量与刀具轴夹角大于 90° 的曲面,而且圆弧三面刃铣刀是常用标准刀具,可以很方便的通过刀具样本选择型号尺寸合适的圆弧三面刃刀具。因此,在加工此类零件时一般首选圆弧三面刃铣刀。

2. 刀具参数确定

以图1所示零件为例,选用圆弧三面刃铣刀在三轴数控机床加工此零件时,具体尺寸参数选用不但要根据零件圆弧大小及进退刀空间确定刀具直径尺寸 D 、长度尺寸 L 外,还有一个不可忽视的重要参数 a ,此参数反映刀具直径与刀柄直径的差值,需根据待加工型腔边界径向深度选择。如图2所示,零件径向最大深度为35mm,即所选刀具 a 尺寸需大于35mm。若选用一把D160的三面刃刀盘,则所选用刀柄的直径 d 应小于 $160-35 \times 2=90\text{mm}$,考虑适当的安全距离 c ,选用D80mm刀柄较合理。

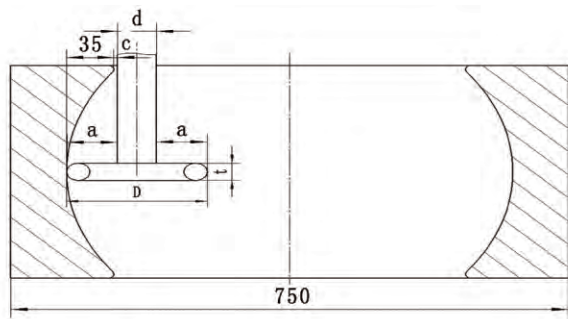


图2 型腔边界径向深度示意图

3. 软件刀具建模

使用NX CAM软件建立此刀具模型时,首先选择刀具子类型为“T型刀”,根据对话框图示尺寸依次输入刀具直径160、颈部直径80、下半径8,上半径8、长度400及刀刃长度16,生成刀具模型如图3所示。此时显示刀具零点在前端面,因此使用此刀具加工对刀时按刀具前刀面对刀。

三、软件编程

1. 型腔铣

NX8.5软件型腔铣的功能很强大,它够识别零件几何体,将零件待加工面沿刀轴方向分成若干层,计算出每个切削层上不同的刀轨形状,使用平面的切削刀路一层层移除材料,形成平行零件轮廓的刀轨。

以图1所示零件为例,按照型腔铣操作的一般方法设

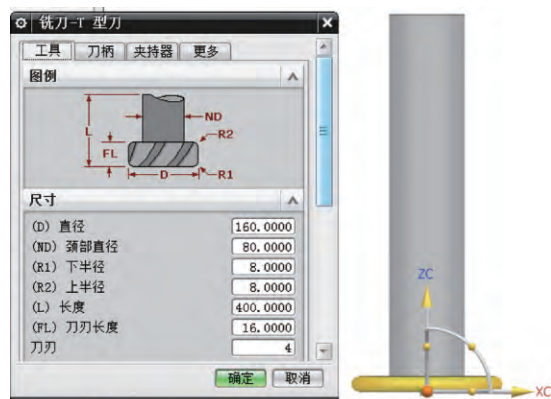


图3 刀具选择

置几何体、工具等参数，其中刀具选择“D160R8（铣刀-T型刀）”、刀轴选择默认“+Z轴”、切削模式选择“轮廓加工”、切削参数选项卡设置余量为0、切削方向选择“顺铣”、切削顺序选择“层优先”、非切削参数设置“圆弧进退刀”方式等，生成如图4所示刀轨，显然刀具无法达到型腔内部，无法加工出零件轮廓。这是利用NX软件的型腔铣功能生成此类零件刀轨的一个共性问题，也是本文要研究解决的主要问题。

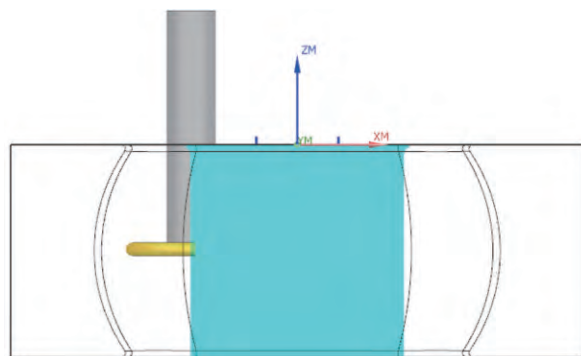


图4 刀轨示意图

要想利用软件型腔铣的方法加工此类零件，需进一步探索利用软件的特殊功能及其他工艺方法。

(1) 修改“容错加工”选项设置。针对上述情况，尝试修改“切削模式”、“切削参数”等选项卡设置，发现“切削参数”选项卡中的“容错加工”选项是能否生成倒型腔刀轨的关键。

一般情况下，切削参数选项默认选择“容错加工”，是一种可靠的算法，能够找到正确的加工区域而不过切部件。此时材料侧仅与刀轴矢量有关，表面刀具位置属性无论用户

如何设置，系统都设置为相切。因此，选择此选项时，系统对图1所示的零件材料侧面法矢与刀轴方向不同的区域不作处理，若将默认的“容错加工”选项的对勾去掉，则此时出现“底切”的选项，勾选“允许底切”选项，如图5所示，则可以生成如图6所示沿倒型腔的轮廓逐层切削的刀轨，是我们想要的理想刀轨。



图5 切削参数和设置示意图

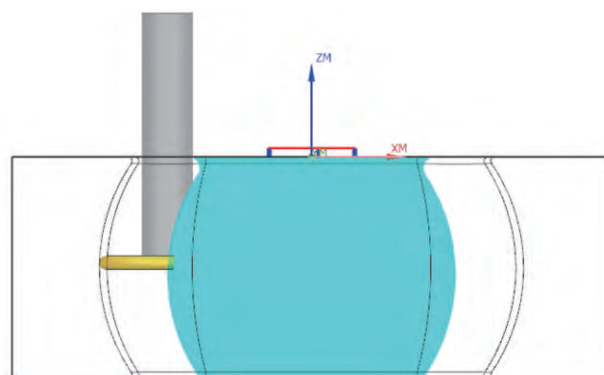


图6 刀轨示意图

显然，采用软件默认的可靠计算方式勾选“容错加工”，在曲面法向矢量与刀具主轴矢量夹角大于 90° 时无法生成理想刀轨。而不勾选“容错加工”选项时，采用“允许底切”的方式，则可以将所有曲面区域都加工到。但这种方法是软件不支持的一种方式，容易造成过切，因此使用时要特别注意刀轨过切。

(2) 变“倒型腔”为“正型腔”。对于图 1 所示零件，若将零件从中间剖分开，就可以按两个正型腔来规划刀轨，使用程序时，上半部分倒型腔从零件中间处进刀，采用倒拉加工，下半部分曲面为正型腔，采用常规方法加工。下面我们将主要研究零件上半部分曲面的倒拉加工方法。

如图 7 所示，按照常规型腔铣的方法，不修改切削参数中的容错加工选项，生成上半部分曲面的“正型腔”刀轨。

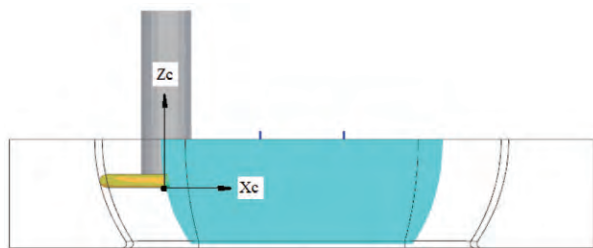


图 7 常规型腔铣刀轨示意图

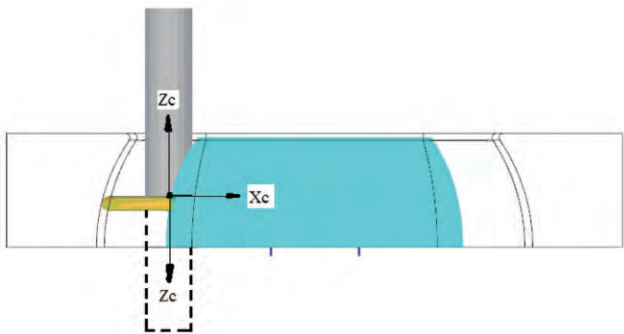


图 8 调整后刀轨示意图

但实际使用此程序加工时，需要从小开口处进刀加工，要想在小开口端进刀使用图 7 所示的刀轨，必须采用相同的三面刃刀盘，按后面面对刀，如图 8 所示，才能保证加工的正确性。要使实际加工时使用的刀具加工方式为顺铣，在另一侧生成刀轨时则按照逆铣的方式生成刀轨。

使用此方法生成的刀轨不会引起过切，但由于使用时刀轴方向发生转变，而软件无法改变刀轴进行仿真，所以需要特别注意刀轴与小开口处的干涉碰撞问题，使用程序从零件中部开始加工，小开口处仍是毛坯状态，因此为防止刀柄与毛坯碰撞，选用刀柄直径时需要将零件开口处的毛坯余量加到安全距离 c 中考虑。

2. 固定轴曲面轮廓铣

固定轴曲面轮廓铣一般生成三轴联动的刀轨对复杂曲面零件进行半精及精加工。图 1 所示零件可以考虑采用固定

轴曲面轮廓铣生成三轴联动的螺旋形刀轨来进行精加工。

但是固定轴曲面轮廓铣就只能用于零件的精加工吗？当然不是。本文作者针对图 1 所示的零件，利用固定轴曲面轮廓铣编辑出了沿刀轴分层加工的零件轮廓的刀轨，提出了利用固定轴曲面轮廓铣进行零件粗精加工的方法。

以图 1 所示零件为例，按照以下步骤设置固定轴轮廓铣参数，生成如图 9 所示刀轨。

创建一个固定轴曲面轮廓铣的工序→指定几何体→驱动方法选择“流线”选项卡→进入“流线”选项卡设置流线驱动方法→“自动”生成流曲线→指定切削方向为顺铣方向→刀具位置选择“相切”→切削模式选择“单向”→根据零件表面要求设置步距→投影矢量选择“朝向驱动体”→刀具选择“D160R8（铣刀-T 型刀）”→刀轴选择“+Z 轴”→切削参数选项卡设置余量—非切削参数设置“圆弧进退刀”方式等。

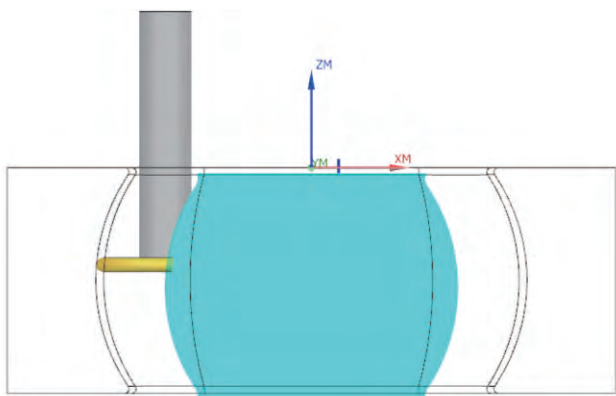


图 9 刀轨示意图

由于固定轴曲面轮廓铣只能沿刀具径向生成一层刀轨，若零件毛坯余量较大时，可以在切削参数选项卡中设置加工余量，分多次加工完成。

四、结语

本文针对倒型腔类曲面零件的数控三轴加工进行了分析，利用 NX8.5 软件结合工艺方法，提出了多种有效解决此类零件在三轴数控机床上加工的方法，读者使用三轴数控机床加工此类零件时，须具体问题具体分析，灵活运用上述方法解决此类难题。IM