Mazak五轴联动机床UG后处理3+2功能定制

天津机电职业技术学院 （300131） 郭永亮 赵 华 张 礼

本文针对Mazak VARIAXIS 500－50II双转台式五轴联动加工中心及UG软件，分析机床倾斜面加工指令及UG软件五轴定向加工方法的使用和原理，利用刀轴矢量进行判断，运用矩阵旋转及更新刀位点的方法，开发对应的后处理程序。

1. 后处理所需要的基本参数

（1）机床的基本参数 为了制定出合理的后处理程序，首先对机床结构、功能、参数以及相应的指令格式进行分析。本机床属于双转台机床（见图1），除了*X*、*Y*、*Z*三个方向的直线运动外，机床的两个旋转运动是由工作台分别绕*X*轴（*A*轴）和*Z*轴（*C*轴）组成。刀轴沿*Z*轴做上下运动。

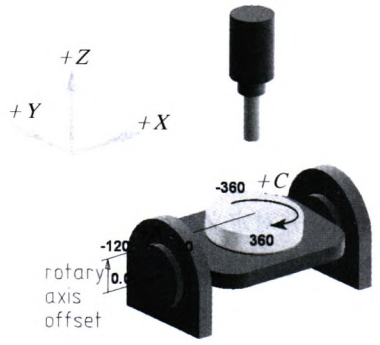


图1 VARIAXIS 500－50II双转台式五轴联动加工中心结构及坐标轴

齿形轮廓图，用m_x、q两个用户参数标注各项尺寸，尺寸显示为表达式。③用构造线做出量针，与齿形两侧相切，标注尺寸为量针直径。④标注三针测量尺寸。测量结果在$\phi 53.419^{-0.125}_{-0.48}$mm范围就能满足分度圆直径的要求。⑤若三个用户参数发生变化，在f_x参数表中更改相应参数即可。

5. 求解实连杆销孔中心距的长度和偏心销孔的偏心距

已知条件：轮*A*是主动轮，通过连杆与轮*B*连接。要求轮*A*转动半圈，轮*B*转动60°的角度。已知两轮的中心距是50mm，轮*B*的偏心销孔在直径30mm的圆上。求解连杆销孔中心距的长度和轮*A*偏心销孔的偏心距？

求解步骤如图5所示，①在草图中创建轮*A*、轮*B*两圆，标注轮*B*的直径为30mm，两轮的中心距是50mm。②画一条通过轮*A*圆心、通过轮*B*圆上两点的直线，在轮*B*上这两点连接圆心，标注两点的圆心角为60°。③标注轮*B*两点的距离d_3=15mm，此距离就是轮*A*偏心销孔的偏心距。④标注轮*A*的直径为d_3（注意不要标注为15mm，以便以后更改尺寸需要）。⑤标注尺寸d_5或d_6，就是连杆销孔中心距的长度。⑥如已知条件发生变化，更改各项参数即可。

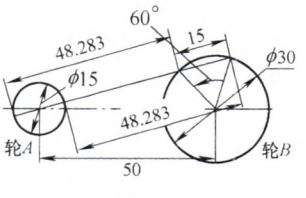


图 5

通过以上5个例子可以看出，用户不需要高深的数学基础，也不必构建复杂的几何模型，只要求用户掌握一定的机械基础知识，灵活运用Inventor草图中的各种命令和工具，就能精确和快速解决很多其他CAD软件无法解决的问题。有一些用户也许不明白，为什么在实例4先在f_x参数表中新建用户参数呢？这是由于在实例4中蜗杆齿形轮廓多个标注尺寸与用户参数相关联，在草图中更改参数容易遗漏而出现错误；而其他实例相对简单。MW

（收稿日期：20121228）

制作后处理所需要的基本参数如附表所示。

Mazak VARIAXIS 500－50II 基本参数

机床型号	Mazak VARIAXIS 500－50II			系统型号
直线行程/mm		旋转行程（°）		MAZATROL MATRIX
X	510	A	+30～－120	A轴到机床零点的距离
Y	510			
Z	460	C	±360	65mm

（2）机床的3+2轴加工指令　由于五轴联动的加工中心运动规律相当复杂，所以必须认真研究机床相关指令的用法和原理，才能写出正确的后处理。下面对Mazak VARIAXIS 500－50II双转台式五轴联动加工中心倾斜面加工需要的指令进行分析。

倾斜面加工（G68.2）：在倾斜面加工功能中，对于现在被设定的工件坐标的X、Y、Z轴可以定义进行了旋转及原点平行移动的新坐标，该坐标系称为特征坐标系。通过使用该功能，可以定义空间上的任意平面，并对定义的平面进行通常的程序（即三轴程序）指令的加工。在新定义了特征坐标系的+Z方向，可以自动控制刀具轴向。倾斜面加工的指令为G68.2，它有多种指令格式，本文采用基于欧拉角的格式，其具体指令格式如下：

G68.2 [$P0$] Xx Yy Zz $I\alpha$ $J\beta$ $K\gamma$

其中，$P0$表示该格式是根据欧拉角指定的；x、y、z表示特征坐标系的原点坐标，用倾斜面加工前坐标系的绝对值指令；α、β、γ为欧拉角，设定范围为－360°～360°。

根据空间角指令的坐标系旋转过程如图2所示：①平移坐标系到点（x，y，z），使该点成为特征坐标系的原点。②使移动了原点的坐标系围绕Z轴旋转α角。③使移动了原点的坐标系围绕X轴旋转β角。④进一步围绕旋转后坐标系的Z轴旋转γ角。

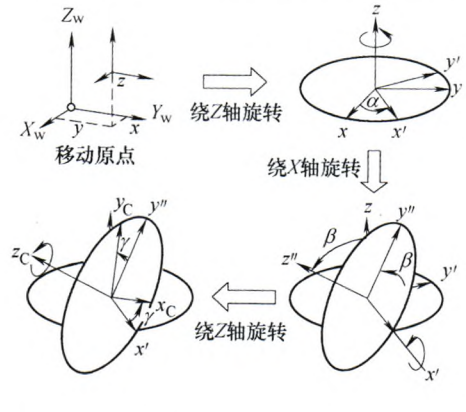


图2　基于欧拉角的特征坐标系与工件的坐标系关系

得到的坐标系为特征坐标系。在旋转过程中，从各自的旋转中心轴正方向看，逆时针方向为正向旋转。

刀具轴向控制功能（G53.1）：该功能必须在倾斜面加工（G68.2）模式中进行指令。通过G53.1指令，C轴旋转，可以使特征坐标系的Z轴处于工件$X-Z$平面内；同时使A轴旋转，使刀具轴向成为旋转后的特征坐标系的+Z方向。在该功能中X、Y、Z不发生移动。

2. 后处理3+2轴功能开发的关键技术

5轴后处理制作的技术基础包括5轴联动算法、3+2空间坐标系的转化、动态补偿算法等。现结合Mazak VARIAXIS 500－50II五轴联动加工中心和所使用的CAM软件UG 8.0，分析3+2轴加工功能使用方法和原理，研究后处理3+2轴功能的算法。

（1）加工类型的判断　对于Mazak VARIAXIS 500－50II五轴联动加工中心而言，最常用的基本加工模式有三种：3轴加工、3+2轴加工和5轴联动加工。3+2轴加工对于Mazak VARIAXIS 500－50II五轴联动机床而言，是指X、Y、Z三轴联动，另外使用A、C轴定位，进行五面加工。传统的后处理算法一般都是基于主从坐标系的，在使用时，要求对于需要进行3+2加工的零件特征建立特征坐标系。这种方法不但麻烦，而且对于具有多个任意斜面特征需要加工的零件编程难以实现。

本文通过判断刀轴矢量数组变量“*mom_tool_axis*（）”来判断加工类型，不仅使程序容易实现，而且增强了后处理的稳定性和可靠性。只要刀轴矢量为固定，并且“*mom_tool_axis*（2）≠1”，则判定为3+2轴加工。

（2）空间坐标系的旋转　在五轴联动的加工中需要进行空间坐标系转换的相关计算，以给指令G68.2提供足够的参数。本文采用基于欧拉角格式的倾斜面加工G68.2格式，所需参数为特征坐标系的原点（x，y，z）以及欧拉角（α，β，γ）。

UG软件提供了变量“*mom_msys_matrix*”，该变量是一个数组，包含9个元素，表示工件坐标

系MCS在几何体绝对坐标系CSYS中的方向余弦矩阵，是刀位点的基准坐标。对于双转台的Mazak VARIAXIS 500－50II五轴联动加工中心而言，倾斜面加工是在G68.2指令了特征坐标系后，进行通常指令的加工，也就是在A、C轴定位以后，进行三轴指令的加工。因此UG/Post要通过 G68.2建立特征坐标系，同时又要能够生成对应特征坐标系的刀位点。

这一过程就相当于是在UG中，建立新的加工坐标系，该坐标系定义为MCS1，如图3所示，为了简化问题，我们规定工件坐标系原点为特征坐标系的原点，规定刀轴矢量为Z_1+，过Z_1+和坐标系Y轴做平面A，在平面A上把Z_1+向$Y+$方向旋转90°得到Y_1+，垂直于Z_1+与Y_1+做X_1轴，取$X+$方向作为正方向得到X_1+。然后在MCS1中建立刀轨，得到相应的刀位点。

由上可知，UG/Post的程序实现流程可以如图3所示，首先根据刀轴矢量对MCS进行旋转，得到新矩阵rotation_matrix。然后根据rotation_matrix得到欧拉角，同时因为倾斜面加工时，指令数据应当和三轴加工时一样，因此刀位点的点位坐标应当基于MCS1重新计算。

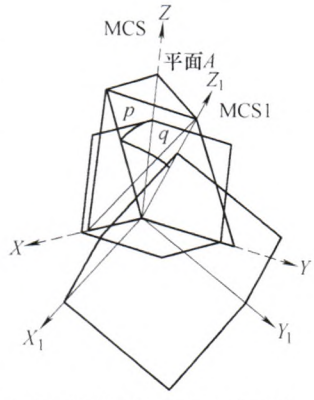


图3　特征坐标系MCS1与工件坐标系MCS的关系

刀轴矢量“*mom_tool _axis*”是UG内部变量，它是一个包含3个元素的数组，分别代表刀轴矢量在工件坐标系MCS三个坐标轴X、Y、Z轴的投影。图3给出了特征坐标系MCS1与工件坐标系MCS的关系。由图可知，MCS1可以看作是MCS先绕Y轴旋转p，再绕旋转以后的X轴旋转q得到的，规定由旋转轴正向旋转平面看，顺时针为正，逆时针为负。

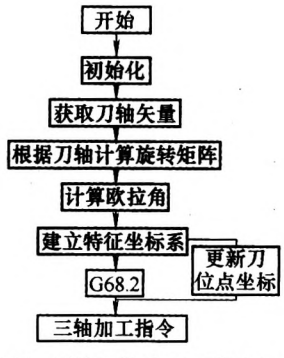


图4　后处理针对G68.2指令相关程序的流程图

3. 后处理加工实例验证

为了验证后处理的可行性与正确性，有必要进行试切。本文采用实际生产中的加工工件，使用本文开发的后处理制作数控程序，并进行Vericut仿真和上机试切。首先在UG软件中根据工程图建立工件模型，如图5所示，工件中主要包含了任意斜面和斜面孔的特征，是典型的3+2轴加工工件。然后选择合适的加工方法和相应参数，生成3+2轴的刀路，通过后处理，刀路生成对应的程序段。图5所示为UG制作数控程序的流程图。



图5　实例程序的制作流程

在上机试切之前，为了防止机床和刀具损伤，先把数控程序在Vericut软件上进行仿真。如图6所示，在配置对应的机床和系统之后，进行仿真，每段程序的仿真结果均与UG软件对应的刀路相同。最终，上机试切证明，本文所制作的后处理可以满足Mazak VARIAXIS 500－50II五轴联动加工中心及系统3+2轴加工的实际需求。

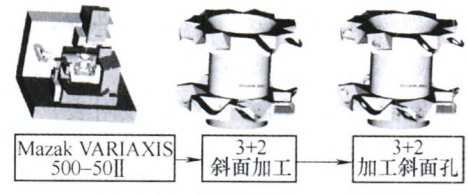


图6　实例程序Vericut仿真流程

4. 结语

3+2轴加工在五轴加工中广泛应用，并多用在实际批量生产中。经过验证，本文所提出的方法和制作的后处理可以满足实际工程需要。本文所提出的公式可以适用于其他具有G68.2功能的机床，并对其他双转台五轴加工中心具有指导意义。**MW**

（收稿日期：20121223）