

数控角度铣头数控加工控制方法

■ 中航工业哈尔滨飞机工业集团有限责任公司（黑龙江 150066） 杨 双 方 芳 张永岩 豆永鹏

摘要：针对单输出直角角度头并结合XYZBC类镗铣加工中心的应用，研究并实现了一种特殊的数控加工程序的后处理技术，并在工程实践中得到应用，满足铣削、钻孔等数控加工的灵活应用，提升角度头的自动化应用水平和数控机床的应用效率。

在航空产品制造过程中，有些复杂结构件及工装模具的制造难以用机床本身的主轴头完成所需的数控加工，需要借助其他的装置来完成加工，而角度头就是目前被广泛使用的一种装置。角度头是一种常规的机床附件，用于拓展数控机床的加工能力和范围，有固定角度、轴向或圆周方向可以任意调节的多种形式。在五坐标加工设备没有普及之前，广泛用于数控三坐标机床的数控加工中，可实现立式数控设备进行侧面钻孔、扩孔、铰孔、镗孔和攻螺纹等加工，这就直接扩大了机床的加工范围和适应性。而当其应用在五坐标数控加工中心等设备上时，主要是用于解决机床主轴头无法有效完成的狭小空间深腔内侧特征加工的难题。相比传统刀具加工方式，角度头可有效解决狭窄区域、缘条深槽及侧边孔等结构的加工，避免复杂工装订制和工位变换。

角度头作为数控机床特殊附件，其装夹方式与常规的刀具存在较大的不同，其在数控机床控制系统中的控制方式、数控程序

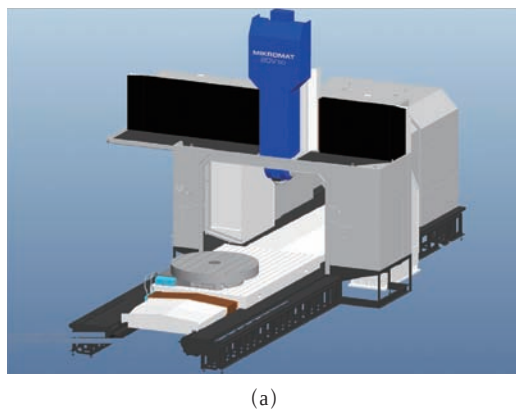
的编写控制均显著不同，因此，如何将常规CAM软件中生成的各类加工特征的数控加工轨迹数据生成成熟的NC代码数据，简化编程与后处理过程，是数控编程中的一项关键的技术。

本文通过研究单输出直角角度头在MIKROMAT XYZBC类五坐标镗铣加工中心上的加工应用方式，并探讨适用于包括典型斜面方向上的特征加工的各类特征加工需求的数控后处理工具开发方法，在此方法基础上实现基于CATIA V5软件通用多轴编程方式下的针对西门子840D数控系统的数控程序生成。

1. 机床及角度头结构特性说明

本文举例讨论的MIKROMAT 20V主轴头为B轴叉头、C轴为旋转工作台式XYZBC五坐标镗铣加工中心，B轴 $\pm 110^\circ$ 摆动，C轴 $n \times 360^\circ$ 无限旋转，控制系统支持RTCP（Rotation Tool center point）编程，支持角度头安装，如图1所示。

角度头按输出情况可分为单输出角度头、双输出角度头、立卧两用角度头和万向角度头四类。研究对象为单输出直角角度头，刀具安装方向与数控机床主轴Z向成 90° （见图1），模型如图2所示。在 90° 角度头各种尺寸数据中，与运动控制协调相关的包括A尺寸（主轴安装



(a)



(b)

图1 MIKROMAT 20V机床及角度头结构

端面与角度头刀具安装轴线间的距离)、 B 尺寸(主轴中心线轴与刀具安装端面间的距离)以及角度头在机床主轴头上的安装角度。

在数控机床应用中,能够对其按照特定的规则进行一定的控制,一般需保证角度头刀具方向垂直于待加工平面。以MIKROMAT镗铣加工中心为例,其控制系统为西门子840D,在控制参数中相应的对 A 、 B 等参数进行了设定,数控机床会自动对角度头的刀具按RTCP方式补偿控制,并通过CYCLE800指令定义局部坐标系,CYCLE800固定循环指令可以实现工件坐标转换功能,可用来对有角度摆头机床加工斜面,也就是常规的3+2加工,它会使加工的斜面倾斜一个角度,使倾斜后的斜面和刀具轴垂直,同时为便于编程,系统会根据摆头的几何尺寸和刀具长度自动偏置坐标系,但仅限于当前指令设定的局部坐标系下固定当前坐标轴完成各种加工操作,无法实现安装角度头后的多轴联动加工。

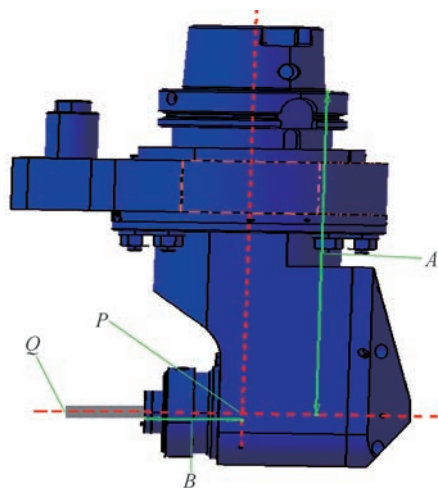


图2 某型号角度头结构

2. 特殊角度头数控控制方法研究

(1) 控制方法研究。在具备RTCP控制的数控系统中,程序的旋转控制点为刀尖点,当各线性轴和旋转轴同时运动时,能够保证当前的控制点始终为刀具的刀尖点,这种方式可以有效地简化数控程序的编制和现场应用。而角度头刀柄五轴联动也可以分解为回转运动和平移运动。因此,可通过研究将角度头的刀具尖点的数据经相关偏移量的补偿转化,使其符合当前五坐标机床的控制机制。

以图2所示说明, P 点为主轴中心线与角度头刀具中心线交点, Q 点为角度头安装刀具后的刀尖点,将实际刀具的编程控制点 Q 转移到 P 点,即假想 P 点为当前程序的实际加工刀具尖点,而将此过程中的转化偏移等量值在数控程序运行阶段补偿。在此过程中,需要明确的是 A 尺寸数据、 B 尺寸数据以及角度头的安装角度,为简化数据的处理逻辑及现场操作者的可操作性,将角度头的安装规定一个固定的方向,如约定角度头刀具方向沿着 X 轴正方向。

除了对线性轴 XYZ 进行补偿外,还要考虑旋转轴如何进行控制的问题。在角度头固定一个安装角度的情况下(本文以沿着 X 轴正方向为讨论基础,在实际应用时操作者依据此要求安装即可),需按照常规的五坐标旋转轴后处理进行计算,并按照其运动及结构逻辑对角度头的 90° 安装方向进行补偿。

(2) 数控程序指令实现。在西门子840D系统中,数控程序的指令定义中支持变量调用、局部变量定义及表达式计算等方式,为实现加工中程序调用执行阶段进行数据补偿计算提供了条件,通过参数化编程,实现角度头的数控程序自动化控制和补偿。

在RTCP调用模式下,将图2所示的尺寸 A 的数值赋值到当前调用的刀具长度值中,用于在RTCP模式下控制 P 点的运动,并按 90° 的朝向对 B 数值进行补偿。

对于从角度头刀具尖点到 P 点的计算,可通过定义Siemens840D系统中的局部变量来计算,如HeadLC,该变量赋值为 90° 角度头刀柄安装端面与机床主轴轴线的垂直距离(固定数值与当前使用的角度头具体值一致)+实际的刀具及刀柄长度(刀尖点到安装面的距离),该数值应由操作者根据现场实际数值进行修改。

所有控制点的坐标采用表达式的方式进行描述,在表达式中将编程前处理APT中的当前某点刀轴矢量也输出到对应轴的计算表达式中,在执行时由控制系统自动计算最终数据。比如可处理为如下格式:

DEF REAL HeadLC=211;其中的211为具体数据,根据实际情况会有不同。

$$N26G00X=99.000+HeadLC \times (-1.000) Y=0.000+HeadLC \times (0.000) Z=170.000+HeadLC \times (0.000) B0.000CW=0.000$$

其中, $X=99.000+HeadLC \times (-1.000)$ 是 X 轴的补偿计算表达式,99.000是被推算到 P 点的 X 轴坐标,HeadLC是定义的有具体距离值的变量, (-1.000) 是当前点角度头刀轴方向的 X 轴矢量分量;

$Y=0.000+HeadLC \times (0.000)$,
0.000是被推算到P点的Y轴坐标, HeadLC是定义的有具体距离值的变量, (0.000)是当前点角度头刀轴方向的Y轴矢量分量; $Z=170.000+HeadLC \times (0.000)$, 170.000是被推算到P点的Z轴坐标, HeadLC是定义的有具体距离值的变量, (0.000)是当前点角度头刀轴方向的Z轴矢量分量; B0.000是当前主轴B轴旋转的角度, CW=0.000是当前工作台旋转的角度, 其中CW为该系统中对C轴的具体标识。

(3) 后处理方法实现。针对上述讨论的实现方法, 在开发后处理工具时主要考虑如下几项关键环节:

常规加工需要五轴联动(也可不联动)点插补的情况下, 对于BC轴的角度的计算, 限定角度头安装角度(此处限定在X轴正方向上), 可按常规的五轴后处理算法(针对XYZBC组合)进行处理, 并在计算结果的基础上补偿角度头的90°直到已得到的B轴数据中, CAM数控编程按常规五轴编制刀路轨迹, 并按点插补处理APT中间文件。

针对某些需要局部坐标系且刀轴方向与局部坐标系Z轴平行的情况(如采用固定循环指令方式加工斜面或侧面孔、采用圆弧指令加工圆弧等特征), 可在当前定向方向上使用ROT命令实现局部坐标系定义, 并将当前特征加工数据经空间变换, 转换到局部坐标系下, 实现特征加工, CAM数控编程按常规五轴编制刀路轨迹, 并按固定循环、圆弧特征处理APT中间文件, 编程实例

如图3所示。

以上研究成果可通过软件开发的方式实现, 并进行了验证性应用, 验证实例如图4所示。

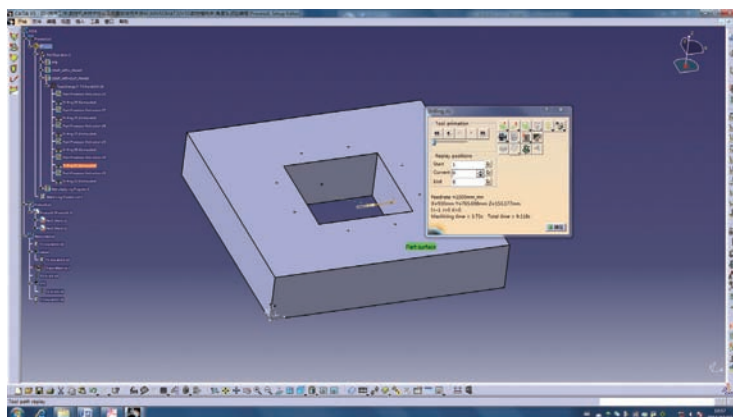


图3 CAM编程实例

3. 结语

本文针对单输出直角角度头, 并结合XYZBC类镗铣加工中心的应用, 对角度头的数控编程控制方法进行了深入的研究, 对其数控加工程序的后处理技术进行了开发, 在工程实践中得到了验证及应用。

本研究成果使角度头在数控加工生产实际中的应用更加灵活, 编程更加简化、便捷, 极大地提高了角度头的自动化应用水平, 且拓展了角度头在五坐标加工中的应用方式, 该技术可以推广应用到其他五坐标数控机床的类似应用中。

参考文献:

- [1] 韩玲国. 角度头刀具在数控加工中的应用[J]. 制造技术与机床, 2007 (11): 83.
- [2] 李桂臣. 90°精密角度头的创新应用[J]. 新技术新工艺, 2012 (9): 13-14.
- [3] 胡敏, 向兵飞, 徐明, 等. 角度头加工技术在航空结构件上的应用研究[J]. 教练机, 2016 (2): 11-16.
- [4] 边江, 孙秀娥, 杨丽敏, 等. 关于CYCLE800的调整和使用[J]. 金属加工(冷加工), 2009 (17): 66.
- [5] 朱玉明. 龙门式加工中心角度铣头对刀技巧与应用[J]. 金属加工(冷加工), 2015 (3): 70.



图4 后处理应用实例

MW (收稿日期: 20170109)