



华中 8 系统倾斜面特性坐标系五轴定向加工的编程与仿真

朱卫峰

(武汉职业技术学院 机电工程学院 湖北 武汉 430074)

摘 要 针对华中 8 系统倾斜面特性坐标系五轴定向加工的编程功能,通过加工应用的案例,比较探讨了两种编程处理方法的特点,提出了合理分析并正确设置倾斜面特性坐标系的旋转变换关系的要求。

关键词 华中 8 系统;倾斜面加工;特性坐标系编程;VERICUT 仿真

中图分类号: TG659

文献标识码: B

文章编号: 1671-931X (2019) 05-0095-05

倾斜面特性坐标系编程是五轴 RTCP 功能之一,华中 8 系统(以下简称 HNC-8)支持在倾斜面上建立特性坐标系,由此实现倾斜面的坐标定向加工功能^[1]。通过基于特性坐标系(TCS)的五轴定向坐标变换,使得加工面总是垂直于刀具轴方向,其加工编程可直接在该坐标系下如一般三轴加工那样简便。本文将就这一功能的编程规则展开探讨,通过实用案例并借助 VERICUT 仿真软件进行功能验证。

一、HNC-8 系统五轴定向倾斜面特性坐标系的构建规则

在 HNC-8 系统中,可有如下两种构建倾斜面特性坐标系的规则。

(一) 通过预置特性坐标系并由 G68.1Qn 调用的方法

如图 1 所示,通过在系统 CNC 界面中指定特性坐标系零点 P1、X 轴正方向任意一点 P2、XY 平面一二象限任意一点 P3 这样三个点的方式来构建倾斜面坐标系,并可用编号管理预设置多个,编程时使用 G68.1Qn 指令来选择使用哪一个特性坐标系,由

G69 指令取消当前选择的特性坐标系。

(二) 通过 G68.2 实现坐标系旋转变换的方法

使用 G68.2 指令在程序中给定旋转变换关系的方法实现特性坐标系构建。其指令格式为:

G68.2 Xxq Yyq Zzq IαJβKγ

其中,xq、yq、zq 为特性坐标系 TCS 原点在 WCS

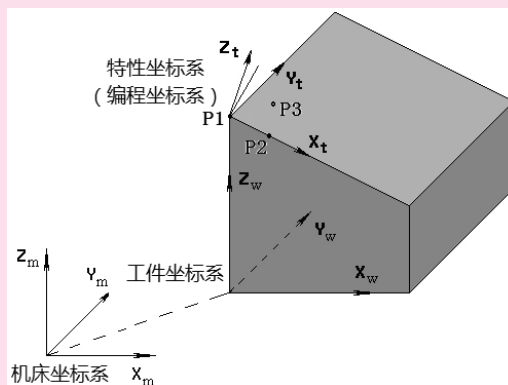


图 1 倾斜面特性坐标系的构建关系

收稿日期 2019-07-18

基金项目 武汉职业技术学院校级课题“基于 VERICUT 车间数控设备虚拟仿真环境开发与研究”(项目编号:2019YK028)。

作者简介 朱卫峰(1983-),男,湖北罗田人,武汉职业技术学院高级工程师、高级技师,研究方向:数控技术。

工件坐标系中的坐标, α 、 β 、 γ 为按特定顺序变换的欧拉角。 α 为进动角 (EULPR), 是围绕 Z 轴旋转的角度; β 为盘转角 (EULNU), 是围绕由进动角改变后的 X 轴旋转的角度; γ 为旋转角 (RULROT), 是围绕由盘转角改变后的 Z 轴旋转的角度, 角度取值按逆正顺负原则。

如图 2 所示, 若要构建图 (c) 所示左前侧斜表面的特性坐标系的旋转变换, 应先将 WCS 原点平移至 $P1(-70, -100, 20)$, 然后将坐标系绕 Z 轴逆时针进动旋转 120° 得到 $X1/Y1/Z1$ 的坐标方位, 再将坐标系绕 $X1$ 轴顺时针旋转 90° 得到盘转变换后的 $X2/Y2/Z2$ 坐标方位, 最后再将坐标系绕 $Z2$ 轴顺时针旋转 90° 即可得到所需特性坐标系 $X/Y/Z$ 坐标方位。由此, 其程序指令为: G68.2 X-70 Y-100 Z20 I120 J-90 K-90。

二、两种定向加工特性坐标系编程应用的比较

如图 3 所示, 对箱体零件图样中三个有孔表面实施铣钻加工, 工件在 AC 双转台机床上按图 4(a) 所示方位装夹, WCS 原点在工件下表面中心, 为使坐标系变换关系尽可能简单, 左前侧表面的 TCS 原点及坐标方向可按图 4(b) 所示设置。

(一) 预置特性坐标系并由 G68.1Qn 调用的方法

如前述方法 1, 左前侧斜表面用 Q1 指定, 如图 4(b) 所示, 其特性坐标系零点 $P1$ 在工件坐标系的坐标

为 $(70, 100, 200)$, 特性坐标系 X 轴正方向取该面另一顶点 $P2$ 为 $(100, 48.038, 200)$, 特性坐标系 XY 平面一二象限点取该面孔中心点 $P3$ 为 $(83.75, 76.184, 100)$ 。据此在系统内预置 Q1 后, 若用 $\Phi 80$ 盘刀以图 4(c) 走刀设计, 其编程如表 1 左列所示。

(二) 用 G68.2 实现坐标系旋转变换的方法

用 G68.2 指令编程时, 应理顺各加工面的进动、盘转及旋转变换的角度关系。如图 5 所示为左前侧斜表面的角度转换关系示意, 先将工件原点平移至 $(70, 100, 200)$ 处后, 绕 Z 轴做 -60° 的进动变换得到 $X1/Y1/Z1$, 再将 $X1/Y1/Z1$ 绕 $X1$ 做 -90° 的盘转变换得到 $X2/Y2/Z2$, 由于 $X2/Y2/Z2$ 已符合特性坐标系方位要求, 则绕 $Z2$ 的旋转变换角为 0。为此, 该特性坐

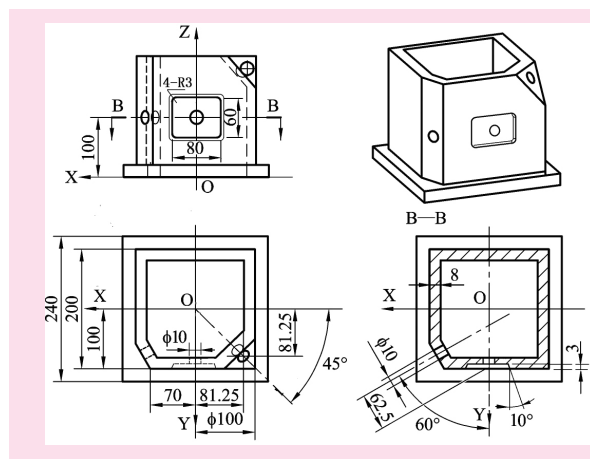


图 3 箱体零件加工图样

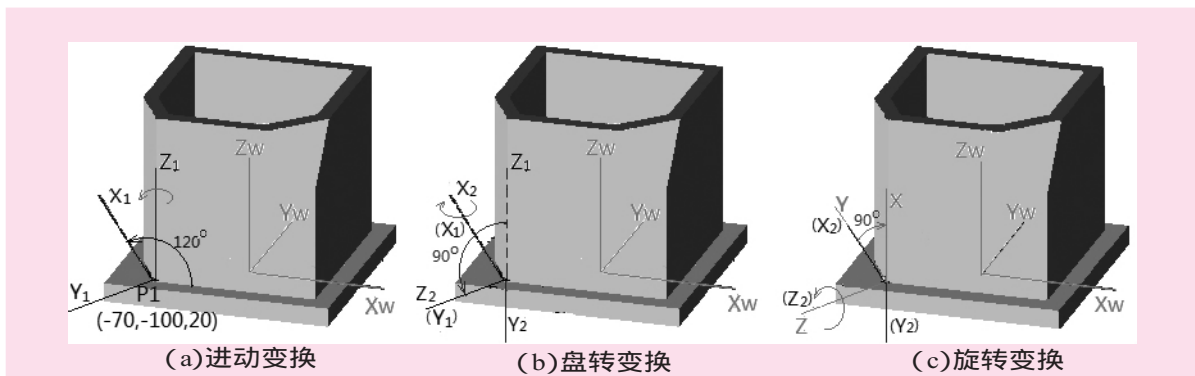


图 2 G68.2 倾斜面特性坐标系变换方法

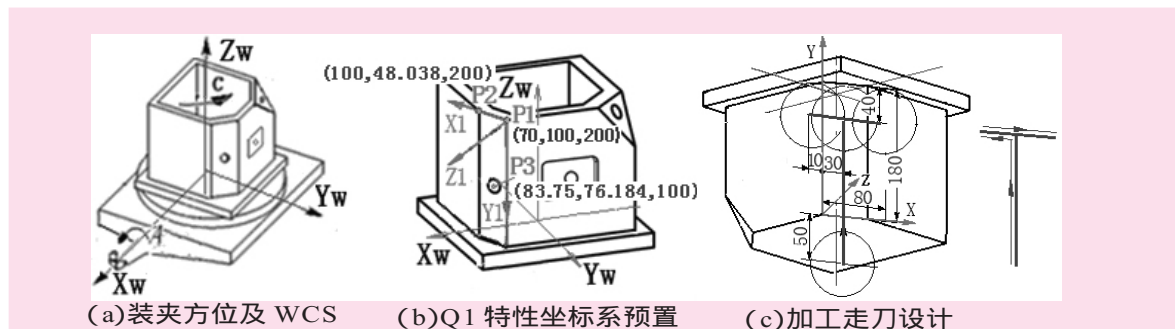


图 4 预置特性坐标系构建及加工设置

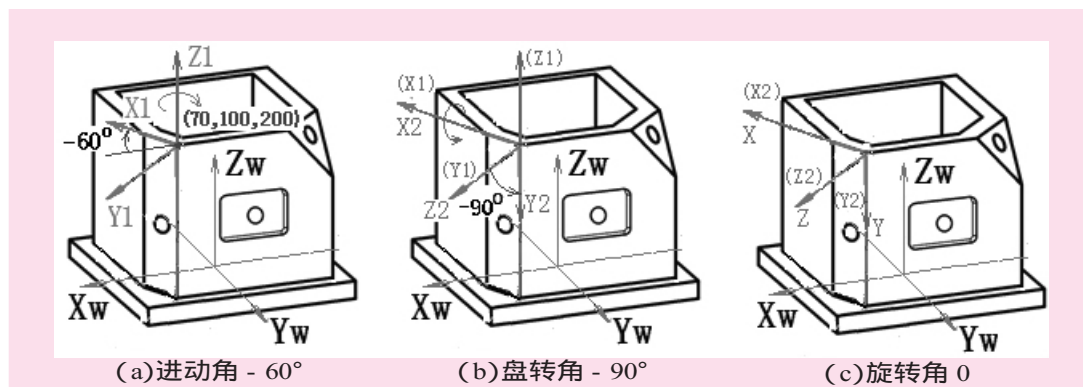


图5 左前侧斜表面特性坐标系的欧拉变换关系

表1 两种倾斜面特性坐标系编程应用的比较

预置后由 G68.1Qn 调用的方法	用 G68.2 实现坐标系旋转变换的方法	释义
%0001	%0002	...
T1 M6	T1 M6	...
G54 G90 M03 S2000	G54 G90 M03 S2000	指定旋转轴编程方式,并启用 RTCP
G43.4 H1	G43.4 H1	移到毛坯正上方
G00 X0 Y0 Z220 A0 C0	G00 X0 Y0 Z220 A0 C0	构建指定特性坐标系
G68.1 Q1	G68.2 X70 Y100 Z200 I-60 J-90 K0	启用刀轴方向控制
G53.2	G53.2	移到毛坯外起刀点处
G00 X30 Y-50 Z100	G00 X30 Y-50 Z100	刀具下移到毛坯外 Z0 处
Z0 M8	Z0 M8	工进铣平面
G01 Y140 F200	G01 Y140 F200	...
X-10	X-10	...
X80	X80	工进提刀到 Z10 处
G01 Z10	G01 Z10	快速提刀到 Z100 处
G00 Z100	G00 Z100	取消并停用所选特性坐标系
G69	G69	...
G0 A0 C0	G0 A0 C0	取消 RTCP 功能
G49	G49	...
...

标系变换可编程为:G68.2 X70 Y100 Z200 I-60 J-90 K0,其左前侧斜表面加工编程如表1中列所示。

从表1可以看出,两种编程方法的区别主要在于倾斜面特性坐标系构建方法不同,相比之下,采用G68.1Qn的编程处理方式不需要在程序中指定刀轴或转台的摆转角度,其摆角关系由系统根据Qn数据自动计算得出,因此使编程得以简化,但它必须事先在系统环境中进行预置,且其特征点应人为确定,有些节点可能还需借助CAD软件获取。

三、旋转变换构建倾斜面特性坐标系的合理性分析

在实施倾斜面特性坐标系的旋转变换时,虽然理论上可以有很多种变换处置方法,但当特性坐标系原点及轴方向设置不同时,其变换关系有简单和复杂之分,且有些变换依然受机床结构的制约而无

法实现,所以倾斜面特性坐标系的五轴旋转变换还是存在合理性问题。例如,对上述左前侧斜表面,若采用图2所述变换关系,既需要进动变换、盘转变换,最后还需要做旋转变换,其变换关系比较复杂;若采用图5所述的原点及轴方向设置,则只需做进动变换和盘转变换即可实现,可省去进一步做旋转变换的步骤。而且对于仅具有2个旋转轴的AC双转台五轴机床而言,按图2的变换处理方法,由C轴旋转可实现进动变换,由A轴旋转实现盘转变换即可满足刀轴垂直该加工表面的要求,再进一步做旋转变换就是交换其XY的轴运动方向了,这一处置方法在实际机械运动上是无法实现的,只能是由系统在算法上处理了。

可以认为,进行倾斜面特性坐标系原点及轴方向设置时,合理的选用应该是使其旋转变换尽可能简单,应尽量避免同时需要做 α 、 β 、 γ 三个角度旋转

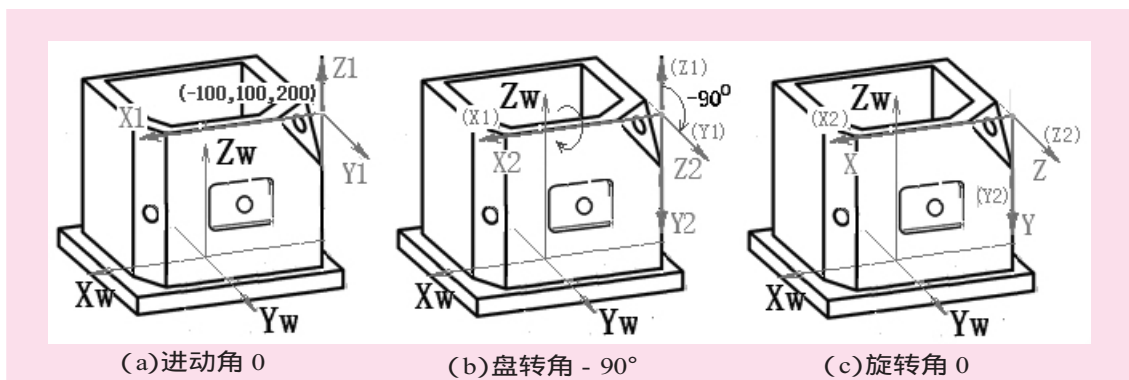


图6 前侧表面特性坐标系的欧拉变换关系

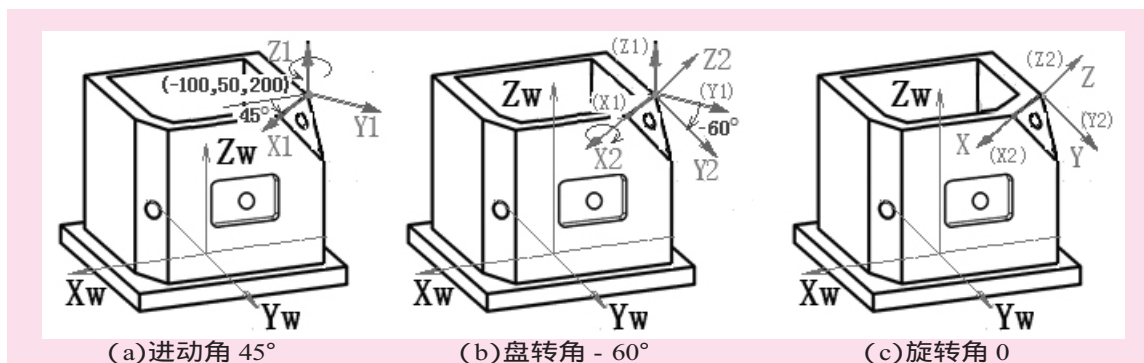


图7 右前侧顶部斜面特性坐标系的欧拉变换关系

变换的处置方法,这样既利于程序的理解,又能减少系统进行复杂换算出错的概率。如图6、7所示为前述箱体零件前侧表面、右前侧顶部斜表面的欧拉变换关系的合理构建示意。

四、VERICUT 下倾斜面坐标系编程仿真的实现

前述 HNC-8 的倾斜面特性坐标编程方法 1 是将

特征数据进行分散处理后依据序号调用的方式来实现的,虽然它使用户的编程变得简便,但由于其旋转变换所依赖的特征数据不能在程序中体现,使得在 VERICUT 中想通过预设 Q 序号的方法实现倾斜面特性坐标系程序的仿真比较困难,因此只能使用在程序指令中具有明确旋转变换关系的第二种方法来实现^[2]。这可直接引用 VERICUT 中 Fanuc 系统的 G68.2 仿

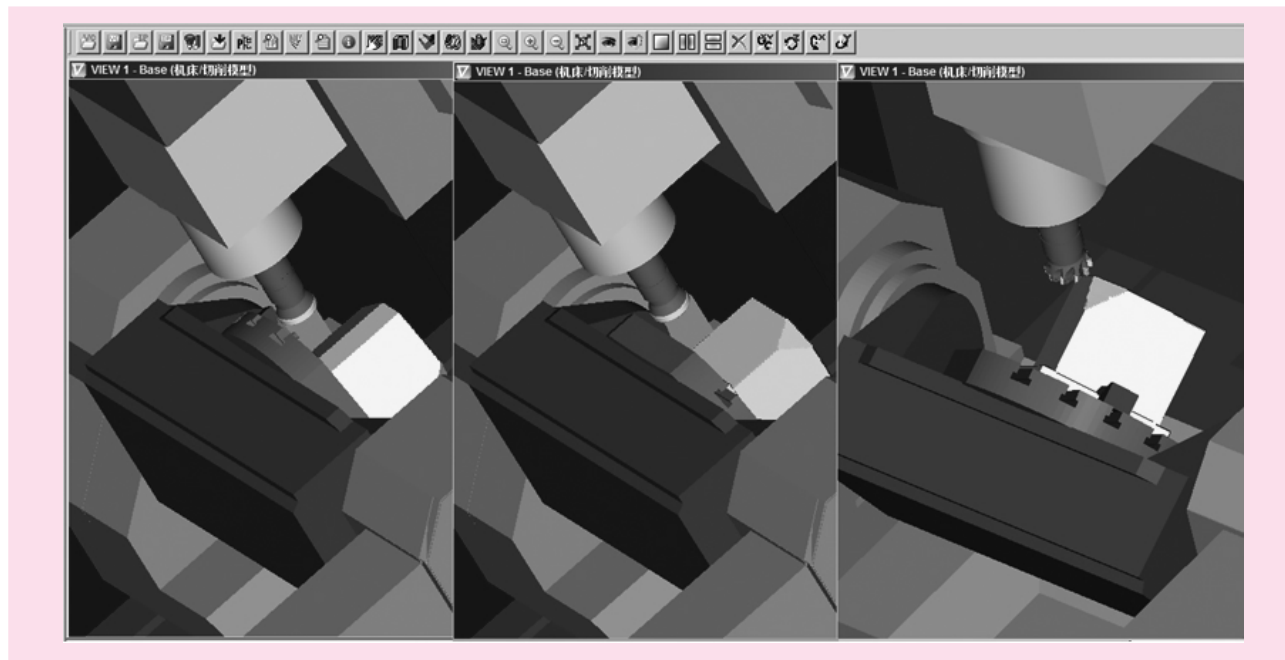


图8 使用旋转变换功能实施倾斜面加工的仿真结果

真功能进行调试,图 8 所示为使用 G68.2 指令功能对箱体零件三个表面实施铣削加工的仿真结果。

五、结语

对于 HNC-8 的倾斜面特性坐标系五轴定向加工的编程,系统所提供的两种处理规则,方法 1 采用数据分散的处理特点,可使得其程序得到简化,但其在 VERICUT 中较难以得到数据关联的支持,仿真检查不容易实现;在程序中给定旋转变换关系实现特性坐标系构建的方法 2 与 Fanuc 的功能具有一致性,因而易于在 VERICUT 中实施仿真检查。倾斜面特性坐标系的旋转变换关系的设置是需要编程者通过合理性分析后确定的,无论采用何种方法,应尽量避免同时需要做 α 、 β 、 γ 三个角度旋转变换的处置方式,这样既利于程序的理解,又能减少系统进行复杂换算出错的概率。由于五轴加工编程的复杂性,这些功

能的实用与否,尚需使用者在实际应用中逐步摸索、理解并正确设置倾斜面的旋转变换关系。希望本文的这一探讨能对用户理解 HNC-8 倾斜面特性坐标系的编程及其 RTCP 功能的实现方式有所助益。

参考文献:

- [1] 华中数控股份有限公司. 华中 8 型数控系统软件用户说明书[Z]. 武汉:华中数控股份有限公司,2013.
- [2] 任宝钢. 基于 Vericut 的五轴双转台机床仿真技术[A]. 第八届沈阳科学学术年会论文集[C]. 2011.
- [3] 曾强. 基于 VERICUT 的五轴联动数控加工仿真研究[J]. 科学技术与工程, 2012,(4):914-917.

[责任编辑: 詹华西]

Programming and Simulation of Five-Axis Directional Machining of Huazhong 8 System Inclined Surface Characteristic Coordinate System

Zhu Weifeng

(School of mechanical and electrical engineering, Wuhan Polytechnic, Wuhan 430074, China)

Abstract : According to the programming function of the 5-axis directional machining of the Huazhong 8 system inclined surface characteristic coordinate system, the characteristics of the two programming processing methods are compared through the application of the processing application. The requirement of reasonable analysis and correct setting of the rotational transformation relationship of the inclined surface characteristic coordinate system is proposed.

Key words : Huazhong 8 system; inclined surface processing; characteristic coordinate system programming; VERICUT simulation