

基于NX的五轴加工中心后处理程序开发

陆建军，徐国权

江苏省盐城技师学院 江苏盐城 224002

摘要：为充分发挥MCV850-5（海德汉iTNC 530系统）双转台式五轴联动加工中心机床的多轴加工优势，研究应用UG NX后处理构造器，结合TCL语言定制五轴机床专用后处理程序的步骤和方法，解决了五轴加工中心后处理程序定制开发的关键技术。使用结果表明，定制开发的后处理程序能够满足多轴加工要求。

关键词：多轴加工；NX后处理构造器；后处理；TCL语言

1 序言

五轴机床的结构复杂，种类繁多，且未能实现标准化，导致五轴机床后置处理器的通用性很差。即使是相同类型的五轴机床，由于机床结构件的设计及装配差异，其后置处理器也不能直接通用。由于五轴机床存在着多样性、互换性差的特点，对于终端用户来讲，最好是针对具体的机床定制开发合适的后处理文件。一般可以利用CAD/CAM软件提供的通用后处理模块，例如UG软件的后处理构造器模块、PowerMILL软件的PM Post模块以及CimatronE软件的IMS Post模块等，结合机床的结构特点和数控系统的控制原理，进行后处理文件的定

制开发。开发时可以参考同类机床后处理文件的制备原理和参数，进行必要的修改、优化，得到需要的后处理程序。

2 NX后处理构造器简介及机床主要参数

NX后处理构造器（NX/Post Builder）是UG软件提供的一个非常方便的创建和修改后处理的工具，用户可以通过NX后处理构造器图形界面的交互方式来灵活定义建立NC程序的格式和输出内容，以及程序头尾、换刀或循环等每一个事件的处理方式。

采用NX后处理构造器定制后处理文件的一般过程如图1所示。

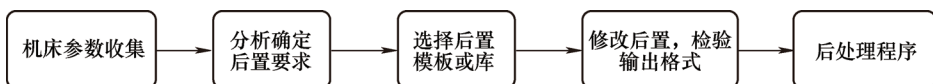


图1 定制后处理文件的过程

德西数控MCV850-5五轴加工中心（见图2）采用三个直线轴与数控回转台的形式，属于双转台结构，具有RTCP（刀尖点跟随）功能。数控系统：海德汉iTNC 530；工作行程：X轴700mm，Y轴460mm，Z轴465mm，A轴行程 $-25^{\circ} \sim +110^{\circ}$ ，C轴转角 $-360^{\circ} \sim +360^{\circ}$ ；连续工作台面 $600\text{mm} \times 600\text{mm}$ ；主轴转速 $100 \sim 10000\text{r/min}$ ；功率 10kW 。工作台A轴和C轴的实际转动方向如图3所示。



图2 德西数控MCV850-5五轴加工中心

项目基金：2014年江苏省盐城技师学院一体化教学设备添置项目（2014320900FG0086）。

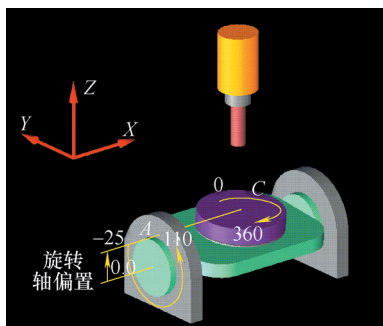


图3 A轴和C轴实际转动方向

3 定制机床五轴后处理文件

3.1 选择后置模板，设置基本参数

1) 启动NX后处理构造器程序，新建后置文件，文件名为“MCV850_5”。

2) 选择后置模板：设置“后处理输出单位”为“毫米”，“机床”为“铣床”，“控制器”从库里选择“heidenhain_conversational_Advanced”，然后进入用户编辑界面。

3) 设置机床的极限参数。

3.2 后处理程序开发关键技术

(1) 判断加工方式 应用TCL语言结合相关变量，判断加工方式是五轴联动加工还是3+2定向加工。西门子公司在NX后处理构造器的模板库中提供了相应的判断语句，该机床采用的海德汉iTNC 530系统，模板库中提供了“DPP_GE_DETECT_5AXIS_TOOL_PATH TCL”判断语句和“dpp_ge(toolpath_axis_num)”变量，可以在此基础上修改。

使用TCL语言建立加工方式的判断语句“PB_CMD_detect_tool_path_type”，具体内容如下。

```
global mom_ude_5axis_tool_path
global dpp_ge
DPP_GE_SAVE_KINEMATICS
if {[DPP_GE_DETECT_5AXIS_TOOL_PATH]} {
    set dpp_ge(toolpath_axis_num) "5"
} else {
    set dpp_ge(toolpath_axis_num) "3"
}
if {[info exists mom_ude_5axis_tool_path] && $mom_ude_5axis_tool_path == "YES" } {
    set dpp_ge(toolpath_axis_num) "5"
} elseif {[info exists mom_ude_5axis_tool_path] &&
```

```
$mom_ude_5axis_tool_path == "NO" } {
    set dpp_ge(toolpath_axis_num) "3"
}
```

该判断语句中的“DPP_GE_DETECT_5AXIS_TOOL_PATH”为系统内置加工方式判断命令，根据该命令的返回值输出结果给变量“dpp_ge(toolpath_axis_num)”赋值。

(2) 五轴联动加工 海德汉iTNC 530采用M128指令启动刀尖点跟随功能，实现五轴联动，采用M129指令取消刀尖点跟随功能。一般来讲，五轴联动加工时应该在换刀前用M129指令使各回转轴复位，换刀后执行M128。

直接调用该后置模板中块命令“output_M128”，并使用TCL语言添加执行条件“PB_CMD_check_block_output_m128”。执行条件内容如下。

```
if { $dpp_ge(toolpath_axis_num) == "5" } {
    MOM_force Once fourth_axis fifth_axis
    VMOV 3 mom_mcs_goto mom_pos
    VMOV 3 mom_prev_mcs_goto mom_prev_pos
    VMOV 3 mom_arc_center mom_pos_arc_center
    set mom_kin_arc_output_mode "LINEAR"
    set mom_kin_helical_arc_output_mode "LINEAR"
    MOM_reload_kinematics
    return 1
} else {
    return 0
}
```

当“dpp_ge(toolpath_axis_num)”结果为5时，执行M128指令，实现五轴联动加工。

(3) 3+2定向加工 海德汉iTNC 530系统采用PLANE功能或Cycle 19循环实现3+2加工。具体格式如下。

```
CYCL DEF 7.0
CYCL DEF 7.1 X
CYCL DEF 7.2 Y
CYCL DEF 7.3 Z; 定义旋转中心
PLANE SPATIAL SPA SPB SPC TRUN FMAX 或
CYCL DEF 19.1 SPA SPB SPC L Q120 Q121 Q122 FMAX
其中“SPA SPB SPC”用于定义旋转角度，海
```

德汉系统旋转顺序为 $Z \rightarrow Y \rightarrow X$ 。

调用的后置模板中已经内置了3+2定向加工方式需要的相关计算的变量，通过“DPP_GE_COOR_ROT [ang_mode rot_angle offset_pos]”“DPP_GE_COOR_ROT_LOCAL”“DPP_GE_COOR_ROT_AUTO3D”和“DPP_GE_CALCULATE_COOR_ROT_ANGLE”，将该机床3+2定向加工时的旋转顺序赋值给“ang_mode”，计算出旋转中心的偏移值“offset_pos”和旋转角度“rot_angle”供海德汉系统的坐标变换指令（Cycle 7、Cycle 19或PLANE SPATIAL）使用。

调用块命令“plane_spatial”，并添加执行条件“PB_CMD_check_block_plane_spatial”，具体内容如下。

```
if { $dpp_ge(toolpath_axis_num)== "5" } {
    return 0
}
if {[EQ_is_lt $mom_out_angle_pos(0) 0]} {
    set seq "SEQ-"
} else {
    set seq "SEQ+"
}
if { $dpp_ge(coord_rot) != "NONE" } {
    MOM_do_template rapid_rotary CREATE
    MOM_disable_address fourth_axis fifth_axis
    MOM_force Once X Y Z
    return 1
} else {
    return 0
}
```

当“dpp_ge(toolpath_axis_num)”结果不为5时，执行“plane_spatial”指令，实现3+2定向加工。

(4) Cycle 32循环功能 海德汉iTNC 530数控系统提供的Cycle 32循环功能，可以通过定义轮廓公差、加工模式以及旋转轴公差等循环参数，影响加工过程中的加工速度、精度和表面质量等指标。定制后处理程序时可以根据不同的加工要求，选择不同的加工策略，从而在保证加工精度的基础上提高加工效率。具体实现方法是根据CAM系统的编程公差确定Cycle 32循环的公差值T、HSC模式和旋转轴公差TA等参数。

调用Cycle 32循环命令（设定公差），具体内容如下。

```
global mom_inside_outside_tolerances
global mom_operation_type
global tol_temp tol_a intol outtol tol
global dpp_ge
global hsc
if { [DPP_GE_DETECT_HOLE_CUTTING_
OPERATION]} {
    return
}
if {[info exists mom_inside_outside_tolerances]} {
    set intol [format "%.4f" $mom_inside_outside_
tolerances(0)]
    set outtol [format "%.4f" $mom_inside_outside_
tolerances(1)]
    set tol [expr $intol + $outtol]
    set tol [format "%.3f" $tol]
    set tol_a [expr $tol * 10]
    set tol_a [format "%.2f" $tol_a]
    if {$tol>0.05} {
        set hsc "HSC-MODE:1"
    } else {
        set hsc "HSC-MODE:0"
    }
    MOM_output_literal "CYCL DEF 32.0
TOLERANCE"
    MOM_output_literal "CYCL DEF 32.1 T$tol"
    if { $dpp_ge(toolpath_axis_num)== "5" } {
        MOM_output_literal "CYCL DEF 32.2 $hsc TA$tol_a"
    } else {
        MOM_output_literal "CYCL DEF 32.2 $hsc"
    }
}
```

该段语句根据CAM软件设定的加工公差将所需参数公差值T、HSC模式和旋转轴公差TA等输出给Cycle 32命令，在保证加工要求的基础上，大幅提高加工效率。

最后设定程序起始序列、程序结束序列以及工序起始序列、工序结束序列，修改其他相关格式，添加到后置模板。

4 后处理程序验证

采用UG NX多轴加工模块，对图4所示叶轮零件进行编程，生成刀具轨迹。

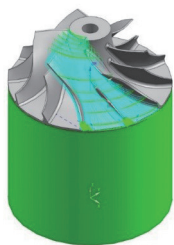


图4 叶轮零件

刀具轨迹生成后选择已经编写好的后处理文件(MCV850_5)，生成NC程序，叶轮零件加工程序(部分)如下。

```
1 BEGIN PGM TURBOMACHINERY MM
2 BLK FORM 0.1 Z X+0.0 Y+0.0 Z-20.
3 BLK FORM 0.2 X100. Y100. Z+0.0
4 FN 0: Q501=-490. ; X HOME POSITION
5 FN 0: Q502=-1. ; Y HOME POSITION
6 FN 0: Q503=-1. ; Z HOME POSITION
7 CYCL DEF 247 DATUM SETTING~
  Q339=1 ;DATUM NUMBER
  .....
18 * - OPERATION: MULTI_BLADE_ROUGH - TOOL:
T1 BALL_MILL_7
19 CYCL DEF 32.0 TOLERANCE
20 CYCL DEF 32.1 T0.160
21 CYCL DEF 32.2 HSC-MODE:1 TA1.60
22 PLANE RESET STAY
23 M5
24 L M140 MB MAX
25 L ZQ503 R0 FMAX M91
26 L XQ501 YQ502 R0 FMAX M91
27 L A+0.0 C+0.0 FMAX
28 TOOL CALL 1 Z S0
29 M3 M8
30 CALL LBL 170
31 TOOL DEF 2
32 CYCL DEF 7.0
33 CYCL DEF 7.1 X-0.000
34 CYCL DEF 7.2 Y-225.000
35 CYCL DEF 7.3 Z-390.000
```

```
36 L M126
37 L A53.642 C26.097 FMAX
38 L M128 F1000.
39 L X54.789 Y-90.252 Z88.983 A53.642 C26.097 FMAX M3
.....
55732 M30
55733 END PGM TURBOMACHINERY MM
```

先后应用VERICUT软件和实际MCV850-5机床对程序进行切削验证，结果表明，加工程序满足实际生产要求。

5 结束语

应用UG NX软件的后处理构造器，结合TCL语言定制开发了德西数控MCV850-5(海德汉iTNC 530系统)双转台式五轴联动加工中心的后处理程序，开发过程中按照收集机床参数→分析确定后处理程序开发要求→选择后置模板→修改调试等步骤，重点针对五轴后处理的制作开发关键技术，反复修改验证调试，并且通过VERICUT软件和实际机床进行验证。结果表明，开发的后处理程序可以很好地实现3+2定向加工和五轴联动加工，满足实际加工需要。本文开发的后处理程序适用于海德汉iTNC 530系统的双转台五轴联动机床，对其他类型五轴加工中心的后处理程序开发也具有指导意义。

参考文献:

- [1] 周智敏, 张素颖. 正交五轴机床NC加工路径后处理研究[J]. 煤矿机械, 2017 (11): 72-74.
- [2] 鲁淑叶. 基于Powermill的五轴加工中心后处理的研究[J]. 煤矿机械, 2017 (10): 163-165.
- [3] 张磊. UG NX6后处理技术培训教程[M]. 北京: 清华大学出版社, 2009.
- [4] 王永信. 产品快速制造技术实用教程[M]. 北京: 西安交通大学出版社, 2014.
- [5] 常赞. 多轴加工编程及仿真应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 2011.
- [6] 李志向. 基于UGNX的DMG60五轴机床后处理的开发及其验证[J]. 机械工程师, 2016 (9): 132-135.
- [7] 胡辉. 海德汉系统CYCLE32循环功能研究与应用[J]. 设备管理与维修, 2015 (1): 46-47.
- [8] 郭永亮, 赵华, 张礼. Mazak五轴联动机床UG后处理3+2功能定制[J]. 金属加工(冷加工), 2013 (10): 71-73.

MW 20210509