

基于 PowerMill 的双摆头五轴机床后处理研究

刘晓聪

广州市德慷软件有限公司, 广东 广州 510000

DOI: 10.61369/TACS.2025060003

摘要 : 以双摆头对称式主轴结构、控制系统为牧野 Professional 的 Makino V80S 立式五轴加工中心为研究对象, 介绍了一种基于 PowerMill 软件的 PostProcessor 模块进行五轴后置处理开发的方法。运用开发完成的五轴后处理生成某球体零件的数控加工, 并用此程序加工出了合格零件, 验证了该方法的有效性。

关键词 : PostProcessor; PowerMill; 后处理; Professional 系统

Research on Post-Processing Development Technology based on Powermill Software

Liu Xiaocong

Guangzhou Dekang Software Co., LTD, Guangzhou, Guangdong 510000

Abstract : Taking the double-pivot head symmetrical main shaft structure and control system of Makino Professional's Makino V80S vertical five-axis machining center as the research object, a method for developing five-axis post-processing based on the PostProcessor module of PowerMill software is introduced. The five-axis post-processing developed through this method was used to generate the NC machining of a certain spherical part, and qualified parts were processed using this program, verifying the effectiveness of this method.

Keywords : PostProcessor; PowerMill; postprocessing; Professional system

引言

在模具制造迈向高精度、高效率与复杂曲面一体化的今天, 五轴加工中心已成为竞争分水岭。它打破三轴局限, 一次装夹即可完成多面加工、深腔及异形特征加工, 减少基准转换误差, 并有效缩短加工周期。然而, 五轴机床的运行程序通过数控编程软件和对应的五轴后处理文件生成。PowerMill 是一款先进的数控编程软件, PowerMill 可为复杂的 3 轴和 5 轴制造提供专业 CNC 编程策略, 专门用于生成高质量的加工代码, 以帮助制造大型复杂零件; PostProcessor 后处理模块是 PowerMill 软件的核心组成部分之一, 负责将刀具路径的刀位数据 (CLDATA) 转换为特定数控系统能够识别的 NC 代码。本文介绍了应用 PowerMill 的 PostProcessor 后处理模块定制开发 Makino V80S 立式五轴机床的后处理文件, 并经过上机加工验证的过程。

一、Makino V80S 立式五轴机床的主要参数

Makino V80S 立式五轴加工中心 (图 1) 是一个五轴持续加工平台, 专为大型模具零部件加工而设计。它具有倾斜 / 旋转主轴, 刀具尖端随意定位, 避开球刀刀尖加工, 进而延长刀具寿命, 保证优异的表面光洁度, 并最大限度地减少手工抛光时间, 可缩短生产周期, 减少大型复杂模具中的手工操作。



图1 Makino V80S 五轴加工中心

该机床采用牧野 Professional 系统, 并且具有 RTCP 刀尖跟

随功能。在后处理开发时需开启这项功能。该机床的主要参数如表 1 所示。

表1 Makino V80S 主要参数

| | |
|------|-----------------------|
| A 轴 | 60° (-30° to+30°) |
| C 轴 | 120° (-60° to+60°) |
| 主轴 | 20,000(HSK-A63) |
| 快移速度 | 58m/min |
| 切削速度 | 40m/min |
| 最大工件 | 1,500mmx1,200mmx550mm |

二、后处理数据工作原理

刀位数据 (Cutter Location Data, 简称 CLDATA) 是 CAM 软件在计算刀具路径后生成的一种中间格式文件, 记录了刀具在

加工过程中每一时刻的位置坐标 (X、Y、Z) 和刀轴矢量 (I、J、K) 等信息，但不包含特定机床的代码格式。CLDATA 需要通过调用开发完成的后处理文件对 CLDATA 进行解析和转换，这个过程涉及到对数据的格式调整、指令映射以及代码的判断优化输出等操作，最终生成能够被机床直接识别和执行的 NC 代码^[1]。

三、PowerMill 后处理定制开发

PowerMill 定制后处理的工具分成两种：一种是用文本文档编写的无加密文件，文件格式为 “.opt”，通过安装 DuctPost 软件后方可生成 NC 程序，目前软件官方已不再提供 DuctPost 更新及技术支持；另一种是 PostProcessor 后处理模块，文件是 “.pmoptz” 格式，PostProcessor 支持进行对 PowerMill 生成的刀位文件 (.cut 文件) 进行调试，且对各个代码进行模块化分类，使后处理的定制更加简单、直观，且支持 jscript 脚本言和后处理文件加密，功能更强大且数据安全性更高^[2]。

(一) PowerMill 仿真机床的创建

MTD 仿真机床是 PowerMill 的数字机床，可以为刀路规划提供“虚拟试切”环境，也为后处理提供精准的运动学规则；PostProcessor 模块中的通过导入 MTD 模型完成五轴机床运动学模型设置，最终生成符合机床运行学的可识别和执行的 NC 代码。

MTD 仿真机床是一个 .mtd 文件，文件内容是采用 xml 可扩展标记语言规则书写的。

创建 MTD 仿真机床 .mtd 文件，首先将收集到的 Makino V80S 机床 3D 模型导入 PowerMill Modeling 模型设计模块中，并根据机床各个运动轴之间的运动关系（图2），区分出各个轴的 3D 模型并分放到不同的层中；然后以工作台中心创建坐标系并激活坐标系，通过获取主轴端面中心点的 XYZ 坐标值并记录下来；创建一个 V80S MTD 仿真文件夹和 machine_parts 子文件夹，以工作台中心坐标为输出基准，依次将机床的各个组件导出为 Autodesk 类型的 “.dmt” 格式的文件并全部保存在 machine_parts 文件夹中；从 PowerMill 安装路径的 MachineData 示例文件夹中复制一个与 Makino V80S 旋转轴结构相同的 head-head.mtd 文件并粘贴到 V80S MTD 仿真文件夹并重命名 .mtd 文件名，打开 .mtd 文件并进行编辑（图3），设置机床工作台中心坐标值和主轴端面中心坐标值，并按图2机床运动轴关系设置编辑内容，可定义行程范围、初始值、角度范围、颜色等参数，完成编辑后保存文件^[3]。

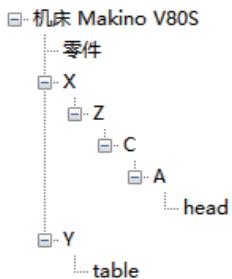


图2 Makino V80S 机床运动轴关系图

```

1 <?xml version="1.0" ?>
2 <?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
3 <?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
4 <?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
5 <?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
6 <?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
7 <?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
8 <?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
9 <!-- Where things are attached to the machine -->
10 <machine>
11   <machine_part>
12     <head_attach_point PART="table" X="0" Y="0" Z="0" />
13     <head_attach_point PART="head" X="650" Y="500" Z="850" I="0" J="0" K="1" />
14   </machine_part>
15   <!-- The static bits -->
16   <machine_part>
17     <model_list>
18       <dmc_file>
19         <part FILE="machine_parts/base.dmt" />
20         <rgb R="122" G="115" B="181" />
21       </dmc_file>
22     </model_list>
23   </machine_part>
  
```

图3 Makino V80S 仿真机床 MTD 文件

(二) Editor 功能设置

打开后处理 PostProcessor 模块的 Editor 界面，Editor 界面主要由资源管理器、命令窗口、查找和预览窗口、变量属性窗口、Option File Settings 选项文件设置等功能组成（图4）。

资源管理器包含 Commands (命令，设置输出代码)、Parameters (参数)、Script (脚本，功能增强)、Formats (格式，区分不同参数的格式)、Tables (表格，可输出程序中的刀具列表信息) Text (文本)、Documentation (文档)、Structures (结构) 等功能。

数控加工 NC 程序的内容全部由 Commands 命令控制输出。Commands 包含 Program Start (程序开始)、Toolpath Start (刀具路径开始)、Controller Switches (控制器开关)、Move (移动，包含切削和连接)、Tool (刀具)、Cycles (循环，设置钻孔循环命令)、Arc (圆弧)、Retract and Reconfigure (退刀和重新配置，5 轴参数设置)、Join-Up (跳刀连接)、Workplane (工作平面)、Misc (杂项)、User Commands (用户自定义命令)、Toolpath End (刀具路径结束，主轴回安全点、自定义变量重置等)、Program End (程序结束，关冷却、主轴停止、主轴回安全点、旋转轴回零、M30 等) 等命令模块。



图4 调试窗口

Option File Settings 选项文件设置由选项文件设置信息、常规、修订历史、初始化 (变量)、保护 (文件加密)、程序生成、常规、进给率和主轴转速、弧线和样条曲线 (控制是否输出圆弧指令)、预设循环、支持的 (设置支持哪些钻孔循环类型)、坐标控制 (RTCP)、多轴控制 (设置角度计算方法，例如 Euler)、连接、错误响应、调试视图、机器运动学、格式 (时间)、常规、块 (序号值控制)、数控注释、替换 (中英文输出控制)、字符串变量等功能组成^[4]。

(三) 后处理的机床运动学模型设置

在 PostProcessor 界面选择 File → 选择 New → 选择 Option File，在弹出窗口中打开 PostProcessor 安装目录文件夹 Generic 中找到通用的三轴后处理文件 Makino_Pro5.pmoptz，载入 Makino_Pro5.pmoptz 文件。然后就可以将三轴 Makino_Pro5 后处理文件修改成双摆头五轴机床后处理文件。打开 Editor 后选

择 Option File Settings → 选择 Machine Kinematics 可设置机床运行学参数，打开“Kinematics Model”并选择“<External MTD...>”导入 MTD 仿真机床.mtd 文件，可自动加载完成机床运动学模型设置（图 5）^[4]。

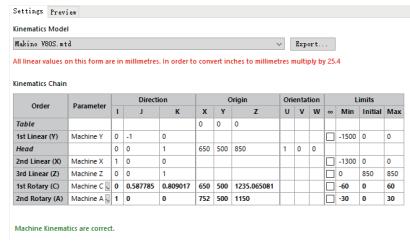


图5 Makino V80S 机床运动学模型设置

（四）机床 RTCP 功能设置

RTCP 是 Rotated Tool Center Point 的英文简称，指的是五轴机床的刀尖跟随功能。在关闭 RTCP 功能时，双摆头的旋转中心在的摆头旋转时，是做圆周运动并带动刀尖偏移原有刀路轨迹，出现的偏差可能导致加工过切。在开启 RTCP 功能后，数控系统会实时计算旋转轴的运动对刀尖的影响，自动修正 XYZ 轴的坐标，确保刀尖严格按编程轨迹运动，同时维持刀具姿态（刀轴矢量）的准确性。

打开 Editor 进入 PostProcessor 模块参数设置界面，打开 Option File Settings → 选择 Coordinates Control 坐标控制功能（图 6），首选勾选复选框开启“Enable Automatic Coordinate Control”，激活 Profiles 功能后选择“Multi-axis machine with RTCP and 3+2 support”完成 RTCP 的开启，并在 General 常规参数中，将 Machine Attach Point 的设置为“Tool Tip”^[5]。

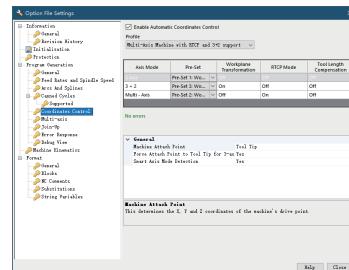


图6 Coordinates Control 坐标控制设置

（五）创建 PowerMill 刀位数据文件

PowerMill 刀位数据文件指的是标准刀位格式文件，文件扩展名是.cut，可用于 PostProcessor 模块进行后处理调试。打开 PowerMill 软件，点击文件→选项→应用程序选项→NC 程序→输出界面（图 7），将文件类型选择为“刀位”，点击“接受”保存设置。在完成刀路编程后，创建的 NC 程序设置界面上，将输出文件的扩展名设置为“.cut”，写入 NC 后生成刀位文件。打开 PostProcessor 的 Session 会话窗口在 CLDATA Files 上右键选择添加 CLDATA Files 或 AddCLDATAFolder 添加到列表上（图 8）。在列表上选择一个或多个刀位文件，右键选择“Process As Debug”可以生成一个 NC 代码文件和一个“.dppdbg”文件，并且这两个文件是保存在刀位文件所在文件夹内，选择“.dppdbg”文件可查看调试窗口（图 9），在窗口上选择任意一个代码并双击，可进入到代码的 Commands 命令窗口（图 10）^[6]。



图7 刀位文件与 NC 设置

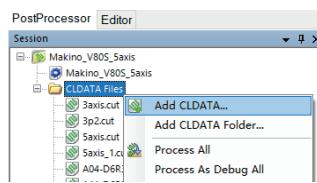


图8 刀位文件与 NC 设置



图9 调试窗口

（六）3轴、3+2、5轴的判断

PostProcessor 模块中，每个刀路（3轴、3+2、5轴）都对应变量 Toolpath Axis Mode 中的一个值（图 10），因此可以通过条件语句 if 判断当前刀路类型（3轴、3+2、5轴）的 Toolpath Axis Mode 变量值，需要在刀具路径开始 Toolpath Start 和移动 Move 这两个命令模块进行判断，为区分不同轴数输出不同的代码。判断后，3轴刀具路径开始主要定义主要定义 G54 坐标系、换刀指令 T* M6 代码、G43 刀具长度补偿和 H* 刀具长度补偿地址。3+2 刀具路径开始主要定义主要定义 G54 坐标系、换刀指令 T* M6 代码、倾斜面分度指令 G68.2 X_ Y_ Z_ I_ J_ K_ 和刀具轴向控制 G53.1、G43 刀具长度补偿和 H* 刀具长度补偿地址等。5轴刀具路径开始主要定义主要定义 G54 坐标系、换刀指令 T* M6 代码、G43.5 开启 RTCP 和刀具长度补偿、H* 刀具长度补偿地址^[7]。

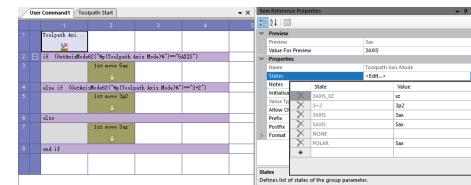


图10 3轴、3+2、5轴的判断

（七）高速高精指令

牧野 Professional 控制系统的高速高精指令基于 SGI.5 几何智能控制技术，可实现高速高精度加工。高速高精指令不仅支持程序预读指令，能使每个程序段连贯，走刀平稳，也可进行加减速控制，让刀具更贴近编程形状。高速高精指令通过提前规划刀具路径，对转角、圆弧等位置进行速度自适应优化，补偿运动误差，能在高速加工时保证精度，减少振动和过切、欠切现象。表 2 是 Professional 控制系统 3 轴、3+2、4 轴、5 轴对应高速高精指令代码，判断数值为公差值。使用时，一般在程序头的刀具路径开始位置插入指令，先进行刀具路径的 3 轴、3+2、5 轴的判断，再根据刀

具路径的公差进行条件语句判断，最终输出不同的 M 代码^[8]。

表2 Professional 高速高精指令代码

| 高速高精指令 |
|-----------------------------|
| 3轴 &3+2加工 |
| M251 : 高效率加工模式 >0.01 |
| M250 : 高精度加工模式 0.005~0.01 |
| M252 : 超高精度加工模式 0.003~0.005 |
| M254 : 超超高精度加工模式 <0.003 |
| 4轴 &5轴联动加工 |
| M257 : 高效率加工模式 >0.01 |
| M253 : 高精度加工模式 0.005~0.01 |
| M258 : 超高精度加工模式 <0.005 |

(八) 限制输出坐标名称

用户需要统一后处理的输出坐标名称，作为避免选择错误的防呆手段。因此，利用 Script 脚本语言功能，创建一个 Function 进行坐标名称的检查，并与输出命令模块相关联。如图4选择 Program Start → Script Function → 选择“WpOutputNameCheck”，在输出坐标不是“NCSC”时，就会出现弹窗提示报警[9]。以下是坐标名称检查的 Function 代码：

```
function WpOutputNameCheck() {  
    MessageBox(“请注意：NC 输出坐标必须为 NCSC”)  
    UserError(“请注意：NC 输出坐标必须为 NCSC”)}  
 
```

四、仿真验证后处理程序

开发完成后处理得到的5轴 NC 程序部分代码如图12所示。此程序包含详细的刀具路径注释，比如后处理坐标系、高速高精指令、RTCP 指令 G43.5 和 A、C 轴旋转轴 IJK 值（精确到小数点后11位输出）等，可满足 Makino V80S 五轴机床的实际使用。

```
%  
(PROGRAMMED BY : Administrator)  
(OPTION FILE : Makino_V80S.Sufs)  
(Creation DATE : 2025/7/22 - 16:25:24)  
(NC NAME : W06-D8R4)  
(OUTPUT WORKPLANE : NCSC)  
(TOOL LIST)  
(-----)  
(NO. | ID | DIAMETER| TIP RAD| LENGTH)  
(-----)  
( 2|R4-A63-M67| 8.0| 4.0| 288.0)  
(-----)  
G17G40G49G69G80  
G91G28Z0  
G91G28X0Y0  
M11M13  
G91G28A0C0  
M10M12  
(TOOL TYPE : BALLNOSED)  
(TOOL ID : R4-A63-M67)  
(TOOL DIA : 8.0 LENGTH 30.0)  
T2  
M6  
S12000 M03  
(Toolpath Name : W06-D8R4)  
(Thickness : 0.0)  
G90G54  
G90G53X-300Y-80.  
( Set Mult-Axis ON )  
(** First Move Sax ***)  
G0X20.1417Y-0.2432Z36.0I-0.49378846784J0.0681795013K0.86690513012  
G43.5H02  
M11 M13  
G0X20.1417Y-0.2432Z36.0I-0.49378846784J0.0681795013K0.86690513012F5000  
M03  
S12000 M03  
M8  
G1 G0 X-20.1417 Y-0.2432 Z36.0 I-0.49378846784 J0.0681795013 K0.86690513012 F10000  
Z 10.83%K I-0.49378846784 J0.0681795013 K0.86690513012 F10000  
...  
X-18.1665 Y-0.5159 Z-14.3072 I-0.49378846784 J0.0681795013 K0.86690513012  
X13.1434 Y-1.079 Z-41.4247 I-0.49378846784 J0.0681795013 K0.86690513012  
...  
Z36.0 I-0.49378846784 J0.0681795013 K0.86690513012  
(END TOOLPATH)  
G49  
G69  
G91G28 Z0.  
M11 M13  
G91G28A0 C0  
M5 M9  
M10M12  
M30  
%  
 
```

图12 5轴 NC 程序部分代码

通过 VERICUT 仿真软件对后置处理程序所生成的 NC 代码进行切削仿真，最后在 Makino V80S 机床上采用该代码对某球头零件进行切削加工（图13），验证了 NC 代码的正确性，从而验证了该后置处理程序的正确性^[10]。

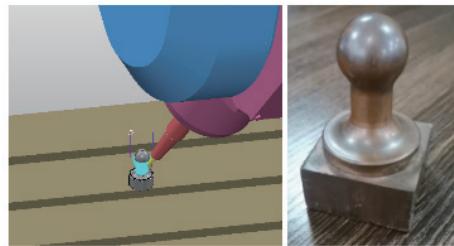


图13 NC 代码仿真和加工后的零件

五、总结

基于 PowerMILL 软件的后处理 Postprocessor 模块，开发了 Makino V80S 五轴机床 Professional 控制系统的专用后置处理，产生的 NC 程序经过 VERICUT 软件进行代码模拟仿真和机床实际切削验证，验证了该后处理输出程序的可行性，同时为其他五轴机床开发提供了借鉴。

参考文献

- [1] 范绍平 .Delcam PowerMILL 五轴后处理研究 [J]. 现代制造工程 ,2016,(10):55~60.
- [2] 张江华 , 檀昌雅 , 蒋云清 , 等 .i5 系统 AC 摆篮式五轴联动加工中心 Power MILL 后处理研究 [J]. 山东工业技术 ,2021,(01):29~33.
- [3] 洪超 .PowerMILL 五轴加工后处理制作的研究 [J]. 智能制造 ,2021,(01):80~84.
- [4] 朱伟强 , 陈浩 . 基于 PowerMill 五轴加工后置处理器的研究与实践 [J]. 内燃机与配件 ,2014,(16):73~76.
- [5] 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(01):163~165.
- [6] 窦凯 , 廖传辉 . 基于 Powermill 的五轴加工中心后处理模块 [J]. 机械工程与自动化 ,2012,04(02):193~195.
- [7] 李红义 , 王立民 .3+2 轴数控铣床 NC 程序后置优化 [J]. 模具工业 ,2016,42(11):11~14.
- [8] 刘学航 , 廖磷志 . 基于 NX 的五轴加工中心后处理研究 [J]. 机械工程与自动化 ,2020,08(04):55~56.
- [9] 佛新岗 . 基于 PowerMILL 的五轴加工中心集成后处理研究 [J]. 工业加热 ,2021,50(03):16~19+23.
- [10] 王子汉 , 刘鹏 , 韩利萍 , 等 .DMU125P 五轴机床后置处理定制方法 [J]. 机械工程与自动化 ,2020,10(05):193~195.