

WFL车铣复合加工中心后处理开发技术

■ 中航工业哈尔滨飞机工业集团有限责任公司 （黑龙江 150066）

■ 辽宁省科学技术厅 （沈阳 110004） 方 芳 崔远鸿 张永岩 邱玉刚

摘要：本文描述了针对配置了SIEMENS840D控制系统的WFL MillTurn 65/120系列车铣复合加工中心的结构运动特性及铣削编程指令的特性，对如何基于CATIA V5前置处理数据进行后处理的方法进行了探讨。

WFL公司的Millturn车铣复合加工中心是当前很多航空制造企业广泛使用的高端车铣加工设备，其铣削数控编程和后处理实现较一般的五坐标数控机床有一定的特殊性，数据转换处理难度大。因此，大多情况下，都是由CAM软件生成通用的刀位数据信息，程序编制者手动进行补充定义和变换，而对于较复杂的数据处理，手工无法满足时，往往使用者被迫会将这些非常好的功能弃用，因此，造成了对车铣中心编程数据结果处理的不规范、数控程序的准确性不高、加工效率和加工效果低下等问题。

当前有部分软件如TopSolid、IMS、ICAM等编程及后处理工具能够对此类机床进行比较完善的后处理开发工作，但成本昂贵，开发一套后置一般需要几十万元费用。因此，企业如何根据自身CAM软件的编程特性，并结合车铣机床的功能，开展后处理技术的研究和开发应用，是一项非常

有意义的工作。本文针对配置SIEMENS840D控制系统的WFL MillTurn 65/120系列车铣复合加工中心的铣削编程指令的特性，基于CATIA V5的编程功能，探讨如何建立一套规范的CATIA V5钻孔铣削编程及后处理实现方法。

1. WFL车铣复合加工中心简述

以配备了SIEMENS840D数控系统的WFL MillTurn 120为研究对象。 B 轴在主轴上， C 轴为工作台旋转，旋转角度无限。机床结构如图1所示。

该机床的数控系统功能包括一般的五轴加工功能指令、支持打开或关闭五轴刀尖点编程控制（MILL5AON），支持刀轴方向的局部坐标系确立（TLCOSON/TLCOSOF），极坐标编程等特殊处理方式。

WFL车铣复合机床控制指令及数据实现主要包括以下几类：一般性的指令和数据处理，包括常规点位、圆弧、固定循环和刀具补偿等

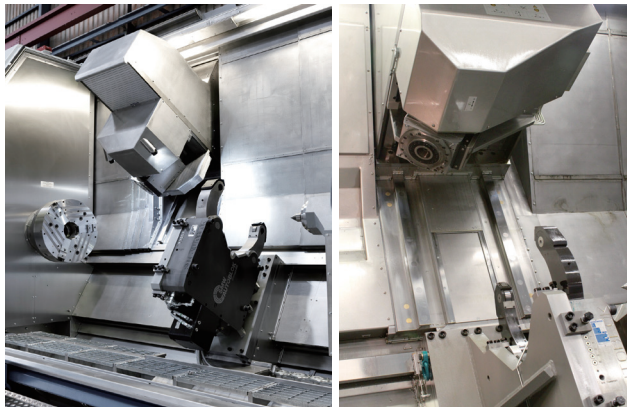


图1 WFL M120车铣中心示意图

指令数据处理；可选角度编程与向量编程方式及控制指令、数据格式的选择与定义；坐标系控制指令，特别是局部坐标系下点位、圆弧、钻孔指令和数据的处理，如换刀时的角度刀轴定向，TLCOSON/TLCOSOF加工坐标轴控制指令等。当使用TLCH换刀指令时，会根据当前换刀指令中的初设角度在3+2模式下自动激活局部坐标系指令确定局部坐标系。当在垂直于旋转工作台的Z平面上进行孔位加工时，应优先采用极坐标加工方式处理，即工作台旋转，刀具不动；五轴联动多轴加工控制；铣削加工中X轴超限检查以及特殊超限数据处理；如配置WFL高级轮廓数据指令转换功能选项包，针对以上内容后处理时会简化开发工作。

2. CATIA V5中的编程实现及后处理功能

结合需求应按如下方式将CATIA V5软件编程产生的APT前置数据与后处理工作紧密结合，在解决方案中，主要采用定义一套处理方式识别关键字定义，来辅助后处理系统识别编程者所要采用的处理策略，并进行特殊处理。

采用CATIA V5软件对加工特征按普通非5轴（3+2模式）联动模式、5轴编程向量模式、5轴编程BC角度模式三种方式进行编程，其中5轴编程向量模式和5轴编程BC角度模式在后处理时又可按要求使用MILL5AON编程坐标系刀尖点模式或转心距模式编程模式。

（1）非五轴（3+2模式）联

动模式。非5轴联动方式主要用于Z向轮廓、Z向钻孔以及典型斜平面上的平面及轮廓、孔加工等。不适用于B轴联动以及BC联动的形面或轮廓加工处理，如果B轴发生变化，会重新输出换刀指令进行重新局部坐标系定向。

关于Z向加工平面中钻孔循环以及点位或圆弧编程处理。缺省状态下，点位按刀位文件中读取的输出，并判断X坐标是否超出限程 $X_{\min} \geq -20\text{mm}$ 。

使用AROT主关键字及次关键字组合来优化刀轴向与Z向平行时的钻孔及X轴超程处理，规则如下：AROT/ON或AROT/ON，HOLE适用于钻孔编程，点位会被重新计算，点位始终保持在Y=0平面内，此方式即极坐标编程方式，轮廓加工不能采用此方式。

AROT/ON或PLOAR，AROT_STP用于进行Z向轮廓加工时的极坐标方式处理，直线和圆弧根据系统定义跨步（可缺省定义0.02mm）或输入跨步AROT_STP值进行离散，离散点在Y=0平面内，通过C轴旋转和X轴平移两个方向的动作实现加工。

AROT/&angle, KEEPDATA中&angle表示角度，适用于轮廓编程。用于可能的加工区域超行程时的位置调整。角度定义规则为需要C工作台顺时针旋转，角度定义为正角，反之定义为负角。使用SIEMENS自带的AROT变换命令和C₁轴旋转相结合的方式实现，点位不会被重新计算，保持原状态下数值。编程者自己判断需要旋转的角度值（不必

是准确定位值）并确认X轴是否会超限。编程时如Z轴平面的四个象限都有被加工元素，建议沿着X=0平面分成上下两个加工部分，并在超限的局部加工区域定义特定的角度旋转（如180°旋转）。

AROT / &angle , CHANGEDATA同理。角度定义规则中，不输出任何特殊控制指令，只根据定义的角度进行C轴旋转，相应轮廓数据按此角度进行旋转处理。

AROT/OFF为关闭激活AROT的命令。在完成当前AROT的工作后，切记要关闭当前AROT命令。

关于非Z向的各方向斜平面轮廓加工（包括直线插补、圆弧插补及钻孔循环等）编程方法。CATIA V5软件目前无法灵活根据加工的平面特征建立局部的处理坐标系，一般编程时，编程人员需要根据当前的刀轴方向建立其局部加工坐标系。如果一个零件有多处斜平面特征，且工序较多的情况下，需要建立很多局部坐标系，经常造成错误和疏漏，严重影响编程效率和数控程序编制质量。

此情况下，可通过后处理对刀位数据读取及判断，根据刀轴的变化情况自动沿着当前刀轴方向激活局部坐标系，当前坐标系的Z轴方向与刀轴方向平行，空间局部平面下的圆弧必须在前置提交时选择（circular interpolation=any axis circles）处理方式。

在加工过程中如连续出现不同方向的加工平面，此时会发生

B 轴角度变化,则通过输出TLCH命令以及当前的 B 轴角度使刀轴 B 向重新计算。

关于前置阶段直接将圆弧或钻孔拟合成点位插补数据的情况下,除超限问题需要关注外,不需要特殊指令控制处理对于 B 轴不变化、 C 轴连续变化的回转加工,也可采用非五轴(3+2模式)联动模式进行编程。

(2) 五轴联动加工编程方法。

M120本身支持 BC 联动,分为角度控制模式和向量控制模式,按以下4种控制方式处理:

- ①五轴角度MILL5AON+编程坐标系模式,数据不进行转换,是编程坐标系下的数据,不进行 X 轴超限判断。
- ②五轴角度非MILL5AON转心距模式编程模式,即MILL5AOF的模式下, B 轴锁定被打开,转心距模式激活,数据进行转换,数据是机床坐标系下的数据,输出机床坐标系下的数值,并通过调用变量获取当前转心距和对刀长度进行转心距旋转补偿,此方式可以替代①中的使用MILL5AON的方法。
- ③五轴向量MILL5AON+编程坐标系模式,处理方式同①。
- ④五轴向量非MILL5AON转心距模式编程模式,处理方式同②。

3. 后处理开发及典型应用实例

基于以上的CATIA V5编程方法及后处理策略,采用C++工具进行软件开发实现,其中包含了对多种处理模式的判断处理和各种点位、角度和圆弧的计算处理算法等,具体的开发算法略。如

图2所示为实现车铣复合加工机床后处理软件的功能界面。



图2 后处理软件示意图

以下举例基于典型零件加工特征编程及处理几种典型方式。

(1) 典型零件设计。如图3所示为验证及说明车铣编程功能而设计的典型零件,集中了钻孔(Z 向孔、斜面孔)、轮廓、斜平面和多轴曲面等典型加工特征。

(2) 典型编程及后处理。所有的加工操作均在统一的编程坐标系下实现,无需根据加工部位和角度方向建立独立的编程坐标系。

Z 向三轴加工。如零件轨迹点数据 X 向 $\leq 20\text{mm}$,应分半加工,下部分需要额外控制参数。用AROT/&angle指令定义需要将轨迹旋转的角度。可根据加工需要任意定义,角度由编程人员确定,如图4、图5所示。当控制系统配置了高级的轮廓铣削子功能包TRANSMIT时,可以整体编程,控制系统会自动转换。

环形斜平面及倒角多轴加工。五轴 BC 角编程模式加工,如图6所示。当激活MILL5AON五轴刀尖点编程模式时,数控程序的刀尖点数据就是编程刀位文件中的点数值;当不激活MILL5AON时,按主轴转心距控制方式编程,此时要根据当前使用的刀具长度和转心到主轴端面的距离进行推算程序控制点,在实现时为避免使用固定刀长数值计算,采用直接调用系统中刀具长度和转心到主轴端面的距离值,并在程序中以表达式形式计算,这样在实际应用中刀具长度在现场加工中是可以变化的。

斜平面3+2模式平面或轮廓加工,需要在确定角度之后,在合适的位置定义ROTHED/ON,并在换方向之前关闭,如图7所示。 Z 向平面的孔位钻孔一般采用AROT/ON指令辅助控制,结果数据始终让 Y 数据为

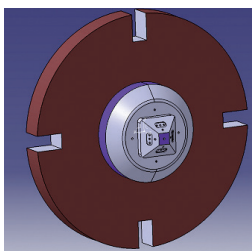


图3 典型零件实例

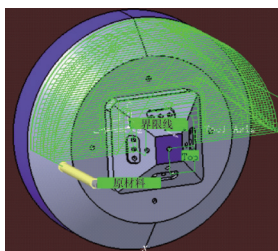


图4 Z 向三轴加工
上半部分加工

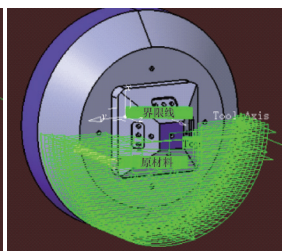


图5 Z 向三轴加工
下半部分加工

0。如果不采取AROT指令，自己应确保X不超限，如图8所示。

斜平面钻孔，点位拟合不用任何附加指令，钻孔循环指令必须用ROTHED指令激活，如图9所示。周围5轴轮廓铣，五轴BC角编程MILL5AON五轴刀尖点模式，如图10所示。

周围侧向垂直方向轮廓铣，适用于非5轴联动方式处理，如图11所示。

4. 结语

车铣机床的后置目前在国内普遍开发应用效果不好，与车铣机床控制指令和数据处理的复杂性以及多种局限要求有关。当前的很多商品化后处理器简单配置并不能满足应用要求，而大量的二次开发又不适合商品化开发工具，且开发及采购成本非常高，因此一直以来WFL车铣复合加工中心在使用中深受限制，在航空制造企业中编程应用处理方法的落后状况就更为突出。

本文的研究工作紧密结合WFL M120机床特性，开发出了

具有准确实现孔位极坐标旋转加工处理、3+2轴加工方式下的复杂的钻孔等固定循环功能、3+2轴和五轴加工方式下的点位、角度和圆弧等特性以及X轴超限检查方法和调整处理等综合的后处理功能，简化了基于CATIA V5软件的编程及坐标系操纵，实现了基于CATIA V5的自动化编程，显著提高了该类设备的编程效率和自动化应用水平。

参考文献：

- [1] 何永红，齐乐华，赵宝林. 双转台五轴数控机床后置处理算法研究 [J]. 制造技术与机床，2006 (1) : 9-12.
- [2] 董晓岚. 基于NX的车铣加工中心后置处理的开发 [J]. 机床与液压，2013，41 (16) : 71-74.
- [3] 刘隰双. 浅谈WFL车铣复合机床测量循环的后置处理 [J]. 智能制造，2010 (9) : 73-75.
- [4] 陈子银. 基于MasterCAM的车铣复合加工技术 [J]. 智能制造，2007 (11) : 72-75.

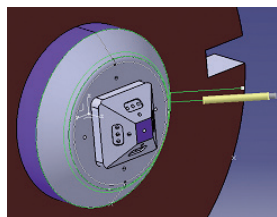


图6 环形斜平面及倒角多轴加工

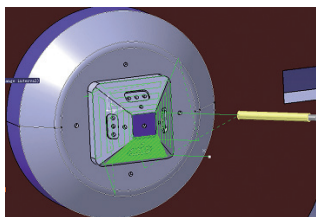


图7 斜平面3+2模式加工

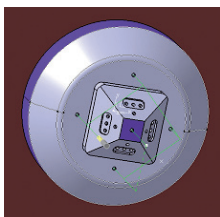


图8 Z向平面的孔位钻孔

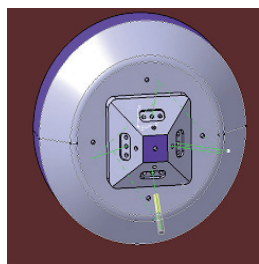


图9 斜平面钻孔

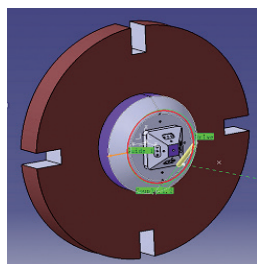


图10 周围5轴轮廓铣

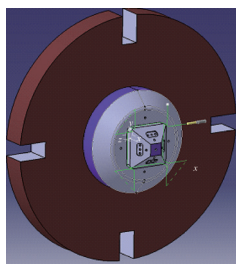


图11 周围侧向垂直方向轮廓铣

MW (收稿日期：20170804)



Tool Regrind Machine
五轴全自动刀具磨床



Tool Regrind Machine
四轴全自动刀具磨床



Automatic Drill-Honing Machine
自动钻头钝化机

对象刀具

刀具种类	钻头、铣刀、丝锥、铰刀、3刃钻头、侧刃、3刃倒角刀、不等分铣刀、雕刻刀、枪钻
刀具材质	高速钢 (HSS)、钨钢/ 硬质合金 (carbide)
刀具最大把持直径	φ20 (φ26 ※) ※φ26 规格为选配
刀具长度	45 ~ 200mm

特征

- 操作简单 自动对刀、自动补正偏心 自动研磨
- 对应多种刀具
- 任意设置刀具参数
- 不需编程、可追加新程序，进行版本升级

◆广告 查询编号：0035

地址：苏州吴中区金枫路216号
东创科技园C幢108

联系人：代女士

手机：13651758961

电话：0512-62695591

QQ：642504730

邮箱：cyberc_dll@aliyun.com