

某型航空发动机叶盘数控喷丸“脱机编程”实施应用

中国航发黎明空军代表机加组 乔思佳

本文详细地分析了五坐标数控喷丸机的结构特点及其运动形式，利用 NX CAM 设计符合喷丸加工的编程策略，利用坐标变换原理，推导出符合该喷丸机的后置处理算法，设计相应的后置处理程序，自动生成整体叶盘喷丸加工的数控程序，实现某型机整体叶盘的喷丸加工。

一、现状分析

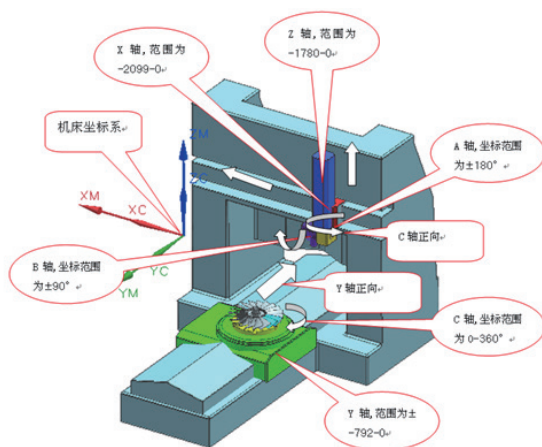
整体叶盘是典型的整体、薄壁、难加工材料和复杂结构件，目前国内对整体叶盘的喷丸加工仍采用在机手工编程的方法。在机编程不仅具有加工效率低、产品一致性难以保证、生产人员工作环境恶劣等弊端，而且在机编程对加工人员有较高的技能要求，一旦操作失误，可能导致整个零件报废。因此，研究整体叶盘喷丸离线编程新方法非常必要。

二、研究内容

针对叶盘的喷丸数控加工需求，我们从机床运动学研究、CAM 编程策略、后置处理三个方面进行了研究，分别如下。

1. 机床运动研究

(1) 机床结构特点。MP1500TX 数控喷丸机采用五轴五联动的控制方式，喷丸机具有以下 6 个坐标：X、Y、Z，3 个线性轴，A、B、C，3 个旋转轴，其中 A 可轴绕 Z 轴旋转，B 可轴绕 Y 轴旋转，C 可轴绕 Z 轴旋转，实现两种类型的五轴五联动数控喷丸机，一种为 X、Y、Z、A、B，一种为 X、Y、Z、B、C，其机床结构运动学关系以及行程范围如图 1 所示。



注：箭头方向为正向。

图 1 MP1500TX 结构运动学关系以及行程范围

(2) 机床运动特点。此机床机床坐标系不符合迪卡尔坐标系，其中 Y 轴反向，A 轴反向；Y 偏置为 200，摆长 316.5，如图 2 所示。

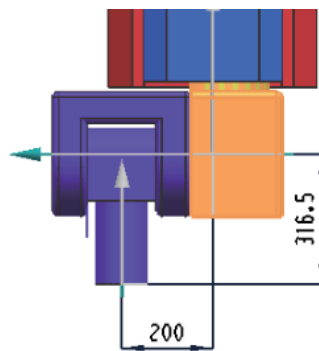


图 2 Y 偏置和摆长

(3) 控制系统特点。此机床控制系统为 FANUC 30i, 没有刀具跟随功能。

2. CAM 编程策略研究

针对机床的结构、运动以及控制系统, 选择某整体叶盘为载体, 开展喷丸数控编程 CAM 编程策略研究。

(1) 编程坐标系的确定。因为此机床编程基于机床坐标系, 首先解决坐标系转换问题(图 3), 现假定工件坐标系为 $O_w X_C Y_C Z_C$, 机床坐标系为 $O M X_M Y_M Z_M$, 在加工之前与机床运动坐标系平行。

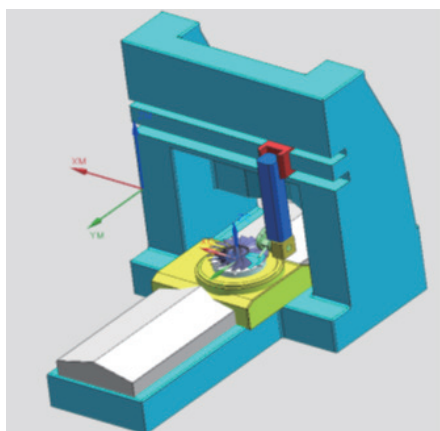


图 3 机床坐标系的找正关系

以第 5 轴主轴端面(喷枪底端面)为对刀点, 设定机床原点为 $(0, 0, 0)$, 工件坐标原点与机床原点中心之间的坐标差值为 (X, Y, Z) 。

$$\Delta X = X_M - X_W = 1273.28$$

$$\Delta Y = Y_M - Y_W = 472$$

$$\Delta Z = Z_M - Z_W = 1264.02$$

将 (X, Y, Z) 通过坐标变换, 找到机床坐标原点值为 $(1273.28, 472, 1264.02)$ 。

(2) 编程策略的选择。先构建基准平面, 统过求截面获得截面线, 如图 4 所示。

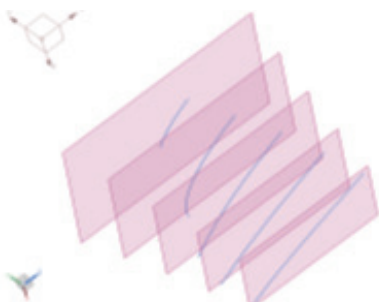


图 4 获取截面线

然后根据连接直线设计刀具矢量, 如图 5 所示。



图 5 构建连接直线

通过加工模块设计加工轨迹, 驱动方法利用曲线 / 点驱动, 刀轴采用插补矢量, 应用设计的连接直线作为刀轴矢量, 实现变轴刀具轨迹设计, 如图 6 所示。

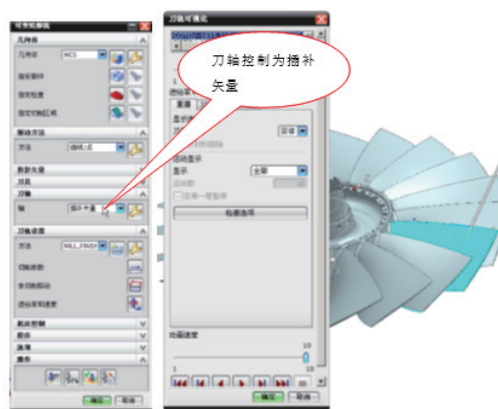


图 6 所利用插补矢量刀轴实现刀具轨迹设计

3. 后置处理开发研究

分析数控喷丸机的结构特点及其运动形式, 推导出其运动算法, 研究用于该设备的专用后置处理。对由 CAM 系统生成的刀位文件进行坐标转换。即工件坐标系与机床坐标系之间的坐标变换, 主要根据具体的机床结构及其运动形式, 将由系统生成的刀位文件中的刀位数据转换成机床各轴的运动数据。

考虑到 MP1500TX 数控喷丸机的结构, 以及控制系统没有刀具跟随功能的特性, 我们通过 Post Builder 后置处理模块设计开发出符合机床的后置处理。

新建后置处理文件, 定义机床结构以及 X 、 Y 、 Z 、 A 、 B 行程, 如图 7 所示。

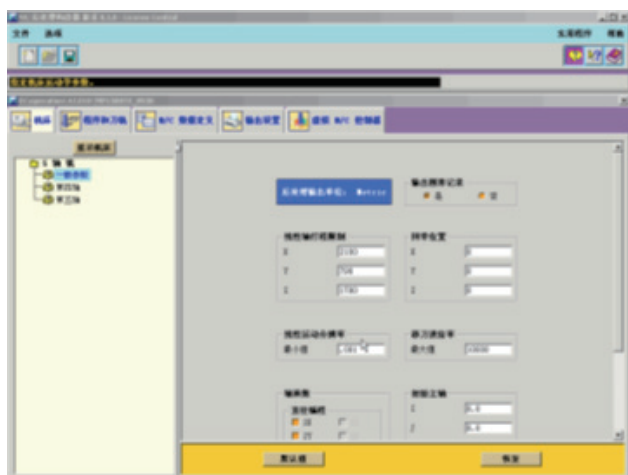
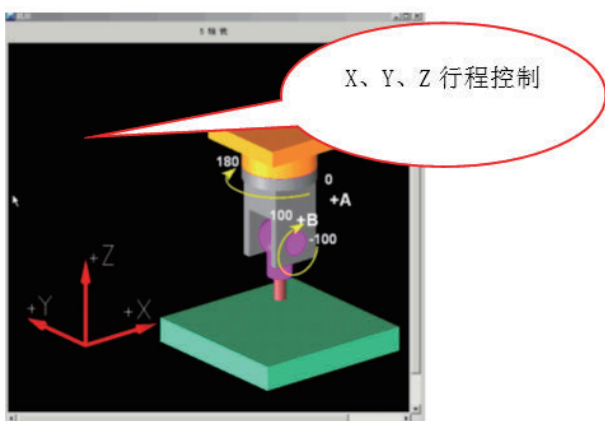


图7 机床结构以及行程

定义第四轴，设置第四轴工作面以及Y偏置和Z偏置，如图8所示。

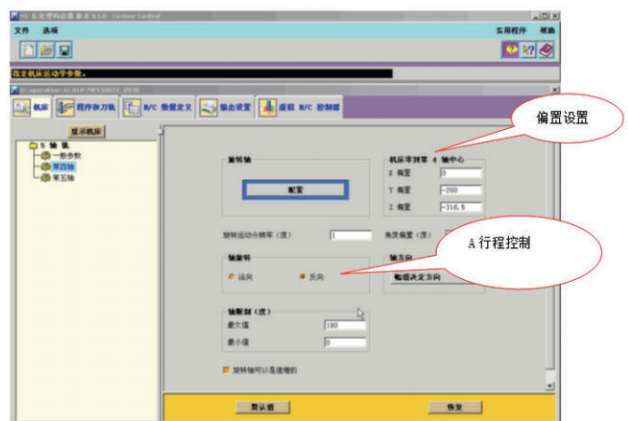


图8 第四轴定义

定义第五轴，设置第五轴工作面以及Y偏置，如图9所示。定义枢轴距离，设置如图10所示。

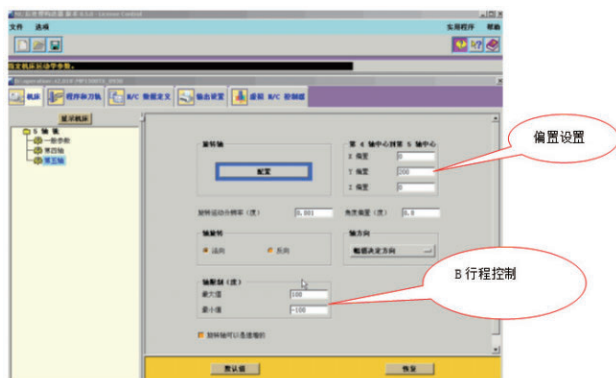


图9 第五轴定义



图10 定义枢轴距离

三、某型发动机叶盘数控喷丸“脱机编程”实施应用

打开模板文件（模板文件包含加工坐标系、机床、零件、刀具轨迹等内容），如图11所示。

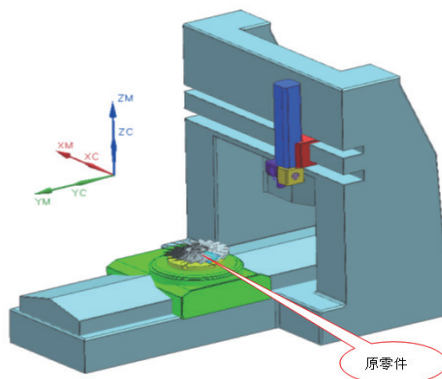


图11 打开模板文件

通过替换组件替换新零件，将文件另存为加工模型，如图 12 所示。

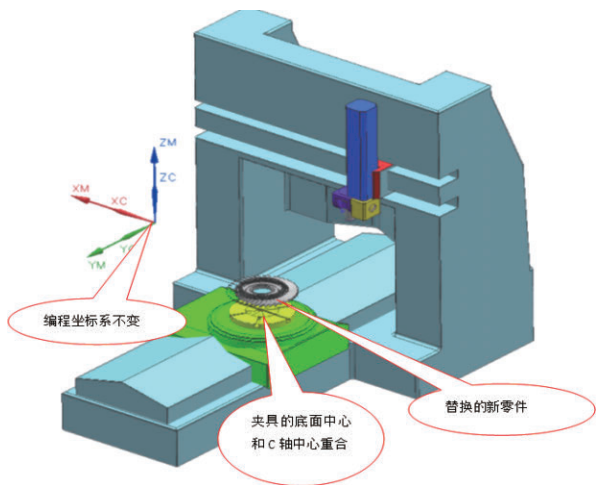


图 12 替换工作部件

根据提供的刀具轨迹模板按需求选择合适的 CAM 编程策略重新生成刀轨。

把刀具路径进行后处理，选择自定义的后处理来进行刀位文件到 G 代码程序的转换。数控程序如图 13 所示，检查 G 代码程序的头、尾，各轴的运动情况，就可以在机床上测试加工程序了。

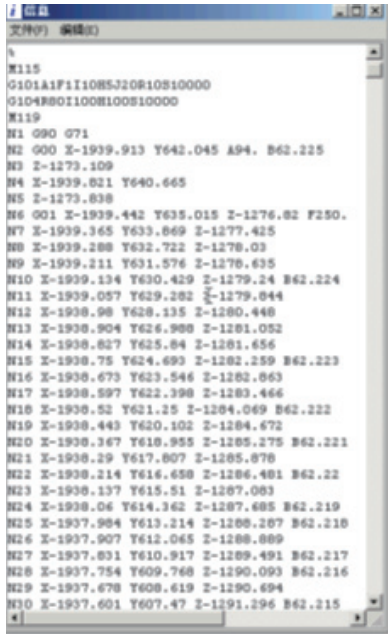


图 13 数控程序

通过选取模型的一点，验证数控程序点位正确性，如

图 14 所示。

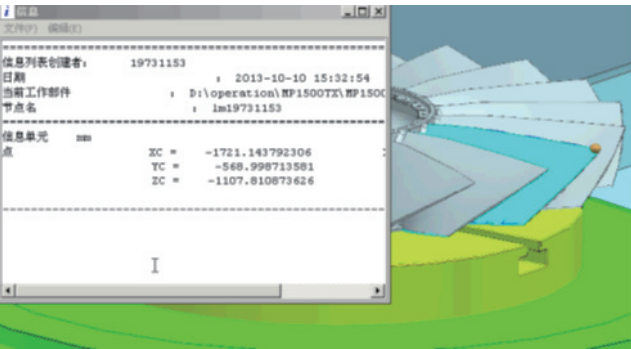


图 14 验证数控程序点位正确性

四、结语

喷丸机脱机编程技术的成功开发将喷丸加工编程效率提高了近四倍，并且将工艺程序准备由串行改为并行，缩短了工艺准备周期，最重要的是该项技术成功开发突破国外厂家对我们特种工艺高端设备的技术壁垒，也奠定同类特种工艺设备的脱机编程推广应用基础。