# 基于 DMG200P 整体叶轮五轴高效加工

西安航天动力机械厂 （陕西 710025） 王宏刚 李梅明

叶轮类零件广泛应用于航空、航天等军工领域和民用压缩机、膨胀机、泵等行业，其加工质量的优劣对整机性能有着决定性影响。整体叶轮结构紧凑，气动效率高，但其结构也更复杂，为了加工出精确的叶片外形往往需要五轴数控机床。数控程序的编制是加工整体叶轮的关键技术，本文讲解如何在满足叶轮精度要求的前提下，提高加工效率，以及如何使用 Pro/E 编程软件进行刀路规划。

## 1. 机床结构分析

DMG200P 机床结构如图 1 所示，具有五个运动轴，三个平移运动轴（*X*，*Y*，*Z*），一个刀头摆动轴 *B*［0°，180°］，一个工作台转动轴 *C*［－30°，360°］。其最大特点是 *B* 轴摆动中心线不与机床坐标系 *Y* 轴重合，而是在 *YZ* 平面内与 *Y* 轴夹角 45°。这种结构特点是可以实现立卧加工转换，在 *B* 轴为发生转动使刀轴与 *Z* 轴重合实现立式加工。*B* 轴摆动 180° 时，刀轴与 *Y* 轴重合实现卧加工，并且机床在立式和卧式加工时都有很好的刚性。

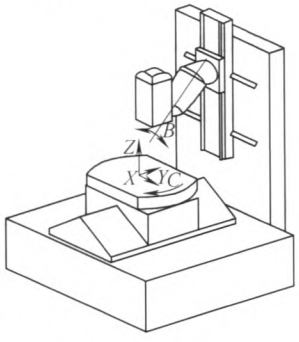
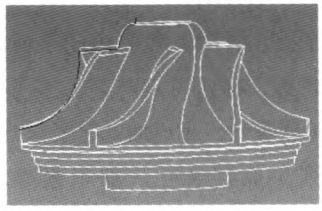


图 1 机床结构

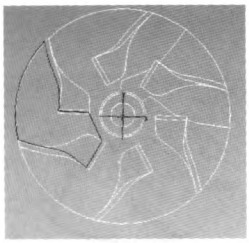
## 2. 叶轮加工工艺

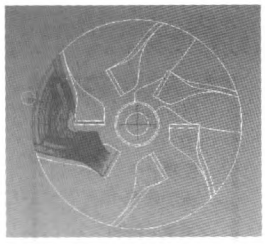
五轴机床在进行线性运动而没有转动运动时其刚性好，加工效率高。DMG200P 机床优点在于可以方便实现立卧转换，在两个方向实现高效三轴加工。基于机床这一优点在粗加工时可以考虑采用高效的三轴加工，并且在立卧两个方向都进行粗加工，尽可能减少精加工余量，在进行叶轮型面加工时也可以考虑采用三轴加工，对于曲率变化较大无法进行三轴加工的再进行五轴加工。具体加工及编程过程如下：

（1）车削叶轮外形 首先通过车削轮廓功能提取出叶轮车削轮廓如图 2 所示，再编制叶轮车削加工程序。


图 2 车削轮廓

（2）立式粗铣加工 首先利用铣削窗口工具确定编程加工范围，根据叶片在 *XY* 平面的投影外形绘制出最大铣削范围，如图 3 所示。再采用体积块粗加工编程策略分层加工，刀具选用 $\phi$6mm 端铣刀，每层加工深度 0.3mm，粗加工余量 0.5mm，进刀方式选择体积外进刀，生成程序如图 4 所示，通过阵列功能生成其余 5 个区域加工程序。通过 VERICUT 软件进行仿真加工，粗加工后叶轮形状如图 5 所示。


图 3 立式粗铣编程范围


图 4 立式粗铣编程刀路

（3）卧式粗加工　首先利用铣削窗口工具确定编程加工范围，在选择加工范围时，需要选择合理的平面作为叶片的投影平面，使得叶片在此平面上的投影区域都可以通过卧式加工完成，刀具不会和产品产生干涉，铣削窗口如图6所示。再采用体积块粗加工编程策略分层加工，加工参数与立式加工一致，刀具选用 $\phi$6mm 端铣刀。仿真加工后的叶轮模型如图7所示。

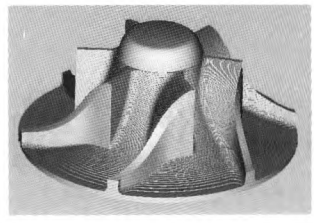


图5　立式粗铣仿真加工

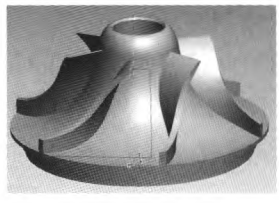


图6　立式粗铣编程范围

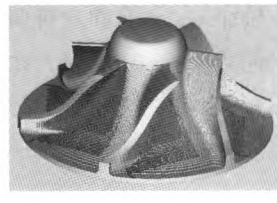


图7　立式粗铣仿真加工

（4）叶片精加工　通过分析叶片曲率变化，叶片内侧曲面可以通过卧式三轴加工完成，通过选择合适的投影平面，将叶片投影到此平面以确定刀轴方向和刀路轨迹，确保刀具与产品不干涉。采用三轴曲面铣削编程策略，生成加工程序，刀路如图8所示，通过阵列生成其余叶片加工程序，刀具选用 $\phi$4$R$2mm 球头刀，仿真加工后的叶轮形状如图9所示。

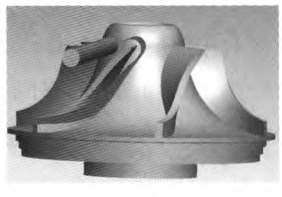


图8　叶片内侧加工刀路

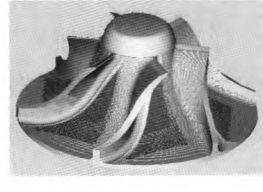


图9　叶片内侧仿真加工

叶片外侧曲面由于曲率变化大需要采用五轴联动加工，采用五轴曲面铣削编程策略，通过轴定义选项（见图10）控制刀具轴方向，规划出合理的刀具路径，如图11所示，通过阵列生成其余叶片加工程序，刀具选用 $\phi$4$R$2mm 球头刀，仿真加工后的产品如图12所示。




图10　刀轴控制选项

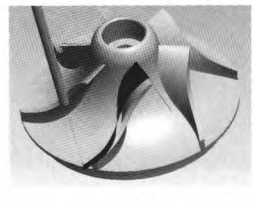


图11　叶片外侧加工刀路

（5）流道精加工　采用五轴曲面铣削编程策略编制流道曲面加工程序，通过轴定义选项控制刀具轴方向，刀路轨迹如图13所示，刀具选用 $\phi$4$R$2mm 球头刀，仿真加工后最终叶轮形状如图14所示。

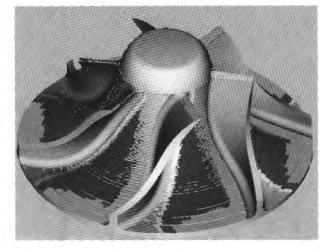


图12　叶片外侧仿真加工

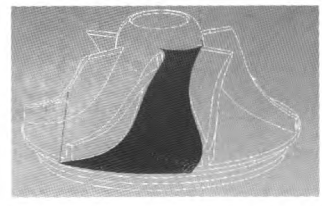


图13　流道面加工刀路

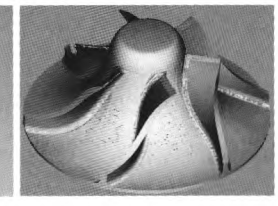


图14　流道面仿真加工

### 3. 实际加工验证

通过VERICUT仿真软件已经对数控程序进行了仿真验证，将数控程序导入机床进行实际加工。实际加工后的叶轮形状如图15所示。通过三坐标检测，符合尺寸精度和表面粗糙度要求。



图15　实际加工叶轮

### 4. 结语

利用机床的立卧转换功能加工叶轮，加工效率明显提高，刀具损耗明显下降，而且编程方法简单。

MW　（收稿日期：20130928）

## “模具”征稿启事

（1）典型模具结构优化设计。

（2）复杂、大型、精密模具制造技术：主要包括模具型腔五轴加工；高速铣削加工；特种工艺加工；快速成形与快速制模。

（3）新型模具材料与应用。

（4）模具测量。

（5）模具数字化制造。

（6）模具再制造。

（7）现代模具技术及应用：主要包括汽车、3C、航空航天、医疗器械等应用领域。

本刊编辑部