

某叶轮数控编程及在线测量加工解决方案

撰文 / 沈阳黎明航空发动机（集团）有限责任公司 杨晓东 李海泳 郝乐芳 刘德生

一、引言

整体叶轮的制造主要采用五坐标数控加工、电解加工、电化学加工、锻接法和线性摩擦焊接等方法，由于五坐标数控加工技术在整体叶轮新产品研制阶段具备快速反应、工装夹具简单和工艺成熟度比较高等优点，因此成为企业加工整

体叶轮的首选。整体叶轮的数控编程及在线测量在国内外大多数采用专用的数控加工软件编程，专用的软件存在授权点少且价格昂贵等缺点，因此应用范围小。本文基于某工具软件的叶轮模块和测头模块，给出叶轮数控编程和在线测量的解决方案，实现叶轮的数控编程和在线测量。

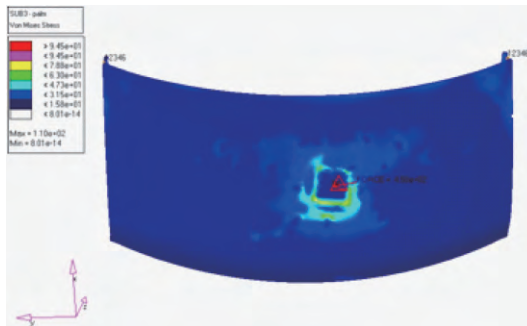


图 13 引擎盖手掌压痕分析云图

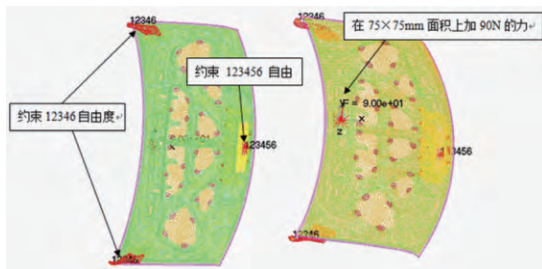


图 14 引擎盖凹陷刚度分析约束和载荷模型

(2) 分析结果。

通过计算可知，引擎盖最大位移量为 0.0824mm，满足设计要求（最大位移量 < 6.35mm）。分析云图如图 15 所示。

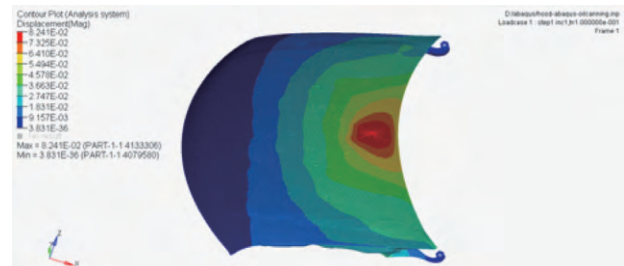


图 15 引擎盖凹陷刚度分析云图

8. 结论

根据以上分析可知，CAE 对引擎盖所作的相关分析，均满足设计要求。

四、结语

本文对引擎盖结构设计中需要作的 CAE 分析项目作了详细说明，为引擎盖结构设计方案验证提供了一种很好的方法。通过所述项目的 CAE 分析，可以避免其在结构设计阶段方案验证不足造成后期试装、评价时间问题再现所产生的应对周期长、费用高等问题，为其结构改进和优化提供量化的依据。IM

二、叶轮数控编程解决方案

本文以叶轮的数控加工为例，研究其数控编程的解决方法，叶轮三维模型图如图 1 所示。典型的叶轮加工路线一般分为流道粗开槽、流道精加工、叶片精加工及叶根圆角清根。

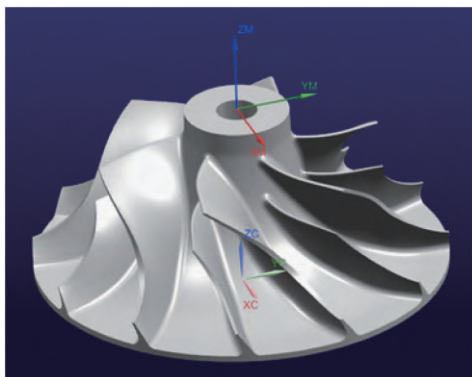


图 1 叶轮三维模型

1. 叶轮流道粗开槽

采用叶轮流道粗加工模板进行叶片与流道之间的粗开槽，由于叶轮叶片之间的空间狭小，粗加工刀具选择直径 $\Phi 6\text{mm}$ 的合金铣刀，在粗加工驱动方法中，设定叶片边缘点沿叶片方向，相切延伸和径向延伸都设定 0，后缘设定与前缘相同，选择加工起始位置，切削模式选择往复上升，切削方向选择顺铣，步距选择恒定，步距设定为刀具直径的 40%。刀具轴设定侧倾安全角为 2° ，初始刀轴定位旋转所绕对象为叶片。切削深度控制选择切削层，深度模式选择从包覆偏置，每刀深度设定为恒定，距离设定为刀具直径的 20%。在切削参数中设定刀轴光顺，轴光顺百分比为 25%，主轴转速选择 3000rpm，进给速度选择 200mm/min，叶轮流道粗加工的加工刀路轨迹及实体仿真如图 2 所示。

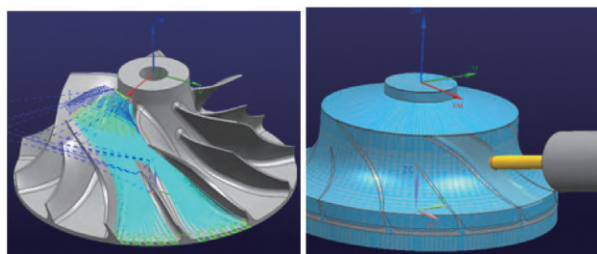


图 2 叶轮流道粗加工的加工刀路轨迹及实体仿真

2. 叶轮流道精加工

采用叶轮轮毂精加工模板进行流道表面的加工，流道表面的精加工可以认为是 5 轴流道粗加工的一个特例，根据叶根圆角的大小选择加工刀具，加工刀具直径等于叶根圆角

直径，因此刀具直径选择直径 $\Phi 6\text{mm}$ 。在叶毂精加工驱动方法中，设定叶片边缘点沿叶片方向，相切延伸、径向延伸都设定为 0，后缘设定与前缘相同，选择加工起始位置，切削模式选择往复上升，切削方向选择顺铣，步距选择恒定，步距设定为刀具直径的 20%。刀具轴设定侧倾安全角为 2° ，初始刀轴定位旋转所绕对象为叶片，在切削参数中设定刀轴光顺，轴光顺百分比为 50%，主轴转速选择 2000rpm，进给速度选择 100mm/min，叶轮流道精加工的加工刀路轨迹及实体仿真如图 3 所示。

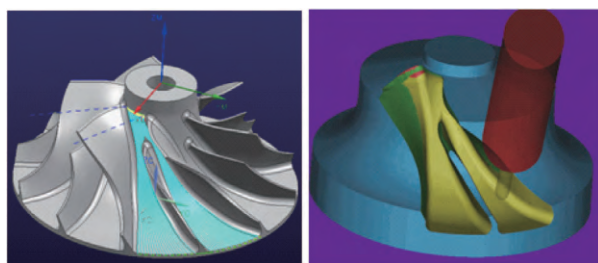


图 3 叶轮流道精加工的加工刀路轨迹及实体仿真

3. 叶轮叶片与分流叶片精加工

采用叶轮叶片精加工模板进行叶片表面的精加工，为了减少与流道表面的接刀，加工刀具也与流道精加工的刀具选择一样，在叶片精加工驱动方法中，要精加工的几何体选择叶片，如果加工的是分流叶片，要精加工的几何体就选择分流叶片，要切削的面选择左右前面，后缘叶片边缘点选择沿叶片方向，切削方式选择单向，切削方向选择顺铣，起点选择后缘，刀具轴设定侧倾安全角为 2° ，切削深度控制选择切削层，深度模式选择从包覆插补至叶毂，每刀深度设定为恒定，距离设定为刀具直径的 10%。在切削参数中设定刀轴光顺，轴光顺百分比为 60%，主轴转速选择 3000rpm，进给速度选择 200mm/min，叶轮叶片的加工刀路轨迹及实体仿真如图 4 所示。

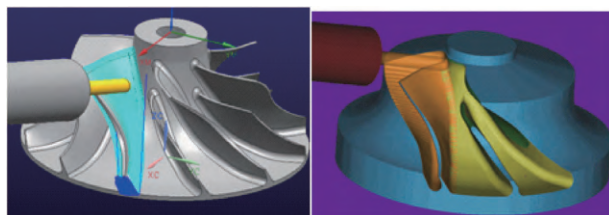


图 4 叶轮叶片的加工刀路轨迹及实体仿真

4. 叶根圆角精加工

采用叶轮叶根圆角精加工模板进行叶片表面的精加工，叶根圆角精加工的特点与叶片精加工类似，在叶根圆角精加

工驱动方法中,要精加工的几何体选择叶片圆角,如果加工的是分流叶片,要精加工的几何体就选择分流叶片圆角,要切削的面选择左右前面,驱动模式选择较低的圆角边,切削条带选择偏置,步距设定为恒定,距离为刀具直径的 20%,切削模式选择单向,顺序选择由外到内,切削方向为顺铣,刀轨起点为后缘,刀具轴设定侧倾安全角为 2° ,在切削参数中设定刀轴光滑,轴光滑百分比为 60%,主轴转速选择 2000rpm,进给速度选择 200mm/min,叶轮叶根圆角的加工刀路轨迹及实体仿真如图 5 所示。

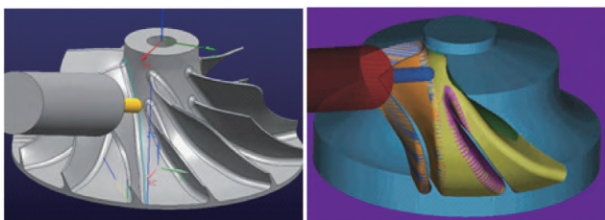


图 5 叶轮叶根圆角的加工刀路轨迹及实体仿真

三、叶轮在线测量解决方案

通过应用机床上的机载测头,实现零件在不移出工作台的情况下,完成测头的校正、平面点 2 轴测量、曲面点 3 轴测量、孔圆台等特征测量以及“3+2”固定轴的 5 轴测量,实现加工中测量定制,配置相关后置处理文件,生成用于执行叶轮叶片、叶尖、前缘与后缘的在线测量程序,如图 6 所示。

1. 测头的建立

根据 NX 软件的刀具库文件,建立与机床匹配的测头模型,将模型导入到刀具库文件中。



图 6 测头的建立

2. 测量点的规划

根据 NX 软件建模的相关操作,建立叶片、叶尖和前缘等模型待测量的理论点,如图 7 所示。

3. 测量子操作的建立

旋转点矢量移动子操作是针对五轴机床使用的,需要



图 7 理论点的建立

机床的摆头或转台定位到特定的角度,执行“3+2”固定轴测量。探测曲面点子操作是指测头定位后沿理论点的法矢方向触碰零件的理论点位置,沿刀轴线性移动是指测量结束后沿刀轴的方向进行退刀,具体过程如图 8 所示。

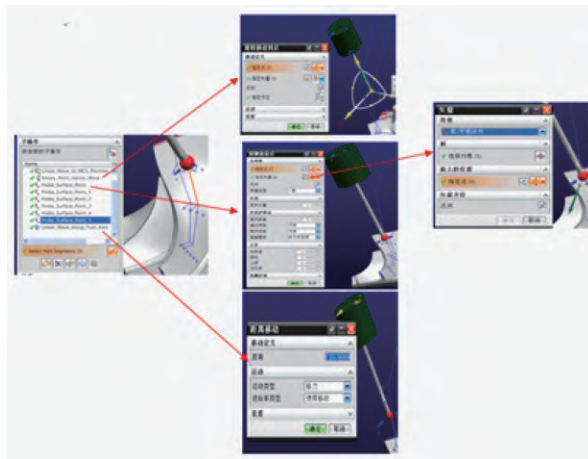


图 8 测量子操作的建立

4. 后置处理文件的生成

在后置处理器中定义针对测头的机床控制事件,编制相应机床控制事件的代码,生成单点触测的程序代码,具体过程如图 9 所示。

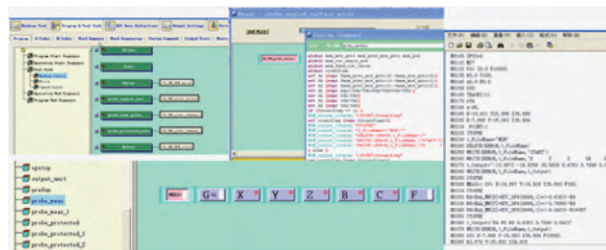


图 9 后置处理文件及程序的建立

四、结语

针对叶轮加工及在线测量,设计制定叶轮数控编程策略,简化叶轮编程过程。通过实际验证,叶轮数控编程和在线测量具有可操作性,能够满足加工需要。IM