

基于加工特征的快速编程技术在航空发动机产品中的应用

Application of Rapid Programming Technology Based on Machining Feature in Aeroengine Product

中航工业沈阳黎明航空发动机(集团)有限责任公司 付龙 高阳 张森棠 贺芳 赵恒 郑艳铭



付龙

沈阳黎明航空发动机(集团)有限责任公司技术中心工艺研究所数字仿真技术员、助理工程师,目前主要从事数字化制造技术研究工作。

传统的航空发动机零件数控程序编制沿用了基于经验的编程方式,数控加工程序的编制质量基本依赖于编程人员的加工经验和技术水平,就航空发动机零件数控程序编制而言,同一个零件不同的编程人员编制的数控程序质量差别很大^[1]。

基于经验的数控编程模式有两个较为明显的问题:一是新入门的

通过实际零件验证,基于加工特征的编程工具在航空发动机零件的数控编程规划中是可行的。作为一种先进的技术手段,可以简化编程人员的工作,降低程序编制的重复率,固化成型的编程策略,在航空发动机行业具有很强的推广价值。

编程人员编程思路不清晰,加工规则界定不清,常常不知从何下手,实际数控编程知识的积累多来源于经验传承;二是生成的刀位轨迹文件完全依附于所需进行的加工模型上,程序的可移植性很差,即便是非常相似的两个零件,也需在新的加工模型上重新创建加工类型、加工坐标系、几何体、加工刀具、切削/非切削移动方式和刀位轨迹,造成实际操作过程中灵活性相对不足,编程效率也较低。

国内外的很多学校和企业都在寻求更为适用于实际加工的快速编程策略,出现了很多基于特征的数控自动编程系统,国外有 TEKSOFT 公司的 CAMWORKS、Tecnomatix 公司的 PART、STEP Tools 公司的 ST-Plan,国内较为有代表性的为南京航

空航空航天大学同中航工业成飞共同开发的基于 CATIA 的编程系统^[2-5],但是相比于飞机零件而言,发动机零件的特征更为复杂,不仅局限于槽、孔和端面等基本加工特征,还涉及由几个、十几个甚至几十个基本几何特征组成的外/内轮廓加工特征,以及由二次曲线或复杂样条曲线所构成的复杂型面等需要特殊定义的加工特征。为寻求以上问题的解决途径,本文研究了一种适用于航空发动机零件的基于特征的快速编程技术,以发动机零件的三维模型为对象,通过在 UG 软件环境中定制数控编程工具,定义和识别零件加工特征,固化成型编程策略,将实际加工经验有效继承,实现了基于特征的航空发动机零件数控加工程序快速编制,较好地解决了航空发动机零件数控程序编制

质量的有效控制问题。

基于加工特征的快速编程技术研究

加工几何特征可以看成是一组具有特定属性的实体,它反映了一个实际工程零件或部件的特定几何形状和特定工艺要求。特征概念的引入为编程人员提供了新的、较高层次的符合编程人员思维的人机交互方式,摆脱了传统的基于集合拓扑的低层交互设计方法。

基于加工特征的数控程序快速编程技术需要解决 3 方面的问题,一是如何将现有的加工区域以特征的形式进行归类,以简化数控加工程序编制的类别和样式;二是如何固化典型的加工流程,减少编程流程选择所花费的时间;三是如何固化经验丰富的编程人员积累的加工策略,将判断和抉择的工作提取成为技术规则或建立逻辑关系后通过技术开发手段交由软件工具来完成,这样既可以减少因数控程序依附于零件而产生的重复性工作,也降低了复杂零件程序编制的难度。基于加工特征的快速编程技术由加工特征识别与定义技术、交互式加工向导定制技术和数控加工策略固化技术等构成。

1 加工特征识别与定义技术

基于加工特征的数控自动编程技术是当前 CAD/CAM 领域研究的技术难题,近 10 年来,特征技术研究不断深入并在实际生产设计中得到了一定范围的应用。特征技术所涉及的研究范围概括起来主要包括特征的定义、特征的分类和特征的识别。

与一般机械零件相比,发动机零件加工特征尤为复杂,它不仅仅局限于孔、槽、面等基本特征,更包含大量自由曲面、相交特征和特殊加工区域,其加工特征类型、数目多,加工难度大。对于单件发动机零件而言,其自身的特征种类可能各有差异,没有

任何规律而言,但是对于同一种类的发动机,它们之间就会出现很多相似的特征。而在加工过程中往往相似的特征所采取的加工操作也是相类似的,所以在程序编制的过程中,只需要将这类典型加工特征提取出来作为典型的模板特征加以定制,后续遇到相似的情况只需要调用原有编辑好的模板即可完成程序的移植。

较为常见的特征识别技术是基于边界匹配的特征识别技术,主要通过识别零件的边界范围,来匹配预定义的特征。基本步骤如下:

(1) 搜索零件的边界表示,并将其与预定义的每一类特征的边界模式进行匹配;

(2) 确定识别的特征参数,构造完整的特征几何模型;

(3) 对能合并成复合特征的基本特征进行组合。

2 交互式加工向导定制技术

交互式的设计是一种如何让产品易用的技术,它不同于传统的设计思路,交互式设计是一种以用户为中心的设计流程,关注用户的使用流畅度和方便性,符合用户使用习惯的解决方案,使用过程更为人性化,利用交互式的设计思路可以为用户思考提供向导,让用户很容易地了解下一步应该采取什么样的操作。

加工向导,即程序编制的整个操作过程。就航空发动机数控编程而言,在程序的编制过程中,有着较为固定的模式,一般情况下都需要先确定加工类型,随后直接在工序模型上创建加工坐标系、几何体和刀具,选择相应的加工规则,包括切削区域划分、切削移动和非切削移动定义等,最后生成所需要的刀轨文件。将典型的加工流程固化为向导式文件,一方面可以帮助编程人员了解工作的流程,另一方面也节省了在 UG 中查找各个功能的时间。

3 数控加工策略固化技术

加工策略,即确定该特征所采用

的加工方式,它既包括加工时所选用的刀具、切削轨迹等参数,也包括加工出该特征所选取的加工步骤,一般情况下同一个特征有多个加工策略,具体怎样选择就需要编程人员通过衡量指标之间的权重来进行,这需要经验的积累。

如果将某个加工特征所选用的刀具、加工操作等按照既定的加工方式固化下来,形成一套加工策略。这样就会为日后程序的编制工作节省大量的时间,遇到同类的加工特征只需要按照既定规则来操作即可完成程序编制的任务,更为重要的是如果定制的每一条加工规则都是一个独立的规则,那么即使是一个较为复杂的特征也可以由原有的加工规则通过拼接的形式创造出来,这样就可以将复杂的问题简单化处理,在缩短编程时间的基础上更降低了程序编制的难度。

基于加工特征的快速编程工具定制

传统的 UG 编程中,编程流程的制定、加工规则的选择都有很大的人因成分,利用上述基于特征的编程思想,以特征技术为依托,利用 UG 现有模板软件的帮助,定制典型的加工流程和加工规则,编制相应的资源库文件,就可以实现基于特征驱动的数控程序的快速编制。

1 加工向导工具定制

加工向导构造器(Process Studio Author)是 UG 中的模块。它可以创建标准的流程来实现简化重复性工作的目标,可以把一些典型的零件编程过程定制成向导,在 UG 中调用加工向导,可以迅速快捷地创建刀具、操作,也可完成高度复杂的工作,经验相对欠缺的编程人员可以直接利用定制好的加工向导,根据既定的步骤逐步完成程序的编制。加工向导过程的定义需要在单独的过程工作室(Process Studio)中完成。

2 加工规则提取工具定制

加工知识编译器 (MKE) 是 UG 中的模块, 它可以一些典型的、常用的编程操作中需要人工选择的规则和加工方法通过代码的形式固定下来, 形成一套适用于此类特征的加工规则, 如图 1 所示, 一旦后续再遇到相似的特征, MKE 可以直接代替编程人员完成各类参数的选择, 包括刀具选择、走刀轨迹、加工顺序、切削参数等, 实现相似特征数控程序的快速编制。

针对于新零件的新结构, MKE 可以根据需求不断添加新特征 (特征既包含它的形貌信息, 也包含它的尺寸信息), 定制相应的加工策略, 为此类程序的编制提供经验的积累。

3 编程资源库建立

数控程序的自动生成需要后台资源库和模板的支持, 即将人为选择的方式和方法固定下来作为软件判断的依据, 资源库主要有以下几个:

(1) 加工刀具资源库, 主要包括刀具的种类、形貌和各项参数, 便于刀具的自动选择和生成;

(2) 加工规则资源库, 主要包括针对于不同加工特征的加工策略, 这项工作需要在 MKE 中完成;

(3) 加工模板资源库, 主要包括针对于不同加工状态 (车、铣) 的编程路线, 这项工作需要在加工向导编译器中完成。

航空发动机零件由于其自身结构复杂的特点, 如果想实现整个零件所有数控加工程序的自动生成, 需要庞大的资源库的支持, 单纯为每一个零件特征建立各自的加工规则是没有实际意义和价值的, 工作的起步阶段, 需要按零件的种类进行划分, 归纳总结各类典型零件的典型特征, 这样编制出的加工向导和加工规则就可以在更大范围内发挥它的作用和价值。

4 快速编程工作流程

基于特征的快速编程是一个复

杂的过程, 任何一个单独的模块确实能够减轻程序员的部分工作, 但都不足以解决全部的问题。因此需要各功能模块配合工作, 才能最大程度地发挥快速编程的效用。MKE 用于加工特征识别和加工策略的创建; 加工向导用于帮助程序员完成坐标系、几何体、刀具等简单的创建, 完成对 MKE 的调用; 编程资源库用于在后台对整个编程规划进行支持, 3 者缺一不可。整个工作流程如图 2 所示。

基于特征的快速编程技术在航空发动机产品中的应用

机匣、涡轮盘是航空发动机中的关键零件, 主特征为回转体, 加工方式为车加工。回转体类零件的典型特征包括: 环槽、斜孔、常规孔、型面 (幅板)、平面 (端面)、圆柱面 (外圆、内孔) 辅助特征 (倒圆倒角) 等。

该类零件的数控加工一般不采

用简单的平面、型槽等方式, 而是分区域将多个特征组合起来, 以回转体类零件上最常见的安装边为例, 包含平面、圆柱面、倒角、倒圆等几何特征。相比于其他种类的加工而言, 由于车加工片体的存在, 有较为固定的编程思路和加工特征, 利用上述基于特征的编程技术可以很容易完成其加工程序的编制。

(1) 步骤 1: 调用加工向导。

读入加工模型, 按照零件的加工类型, 在加工向导资源库中调用与其相符的加工向导模板, 在交互式的操作中完成坐标系的和几何体组的创建 (图 3), 加工向导模板的定制需要按加工类型和加工流程进行归类, 并不需要分别为每一个流程制定单独的加工向导。

(2) 步骤 2: 识别典型特征。

选择加工几何体, 查找零件所具有的加工特征 (图 4), 这里的加工特

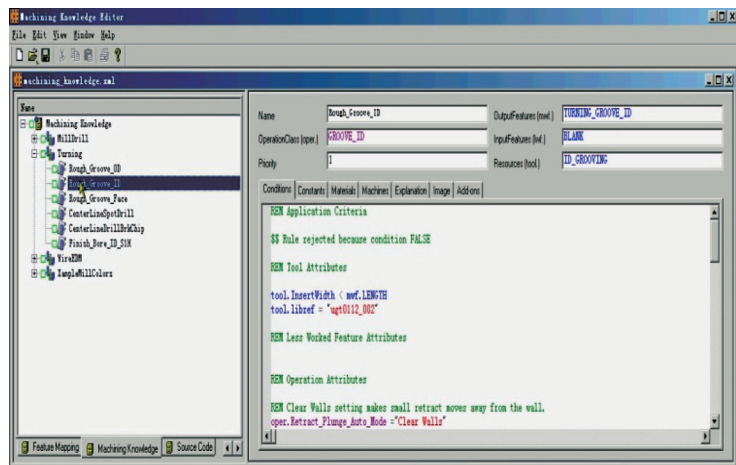


图1 加工规则的定制

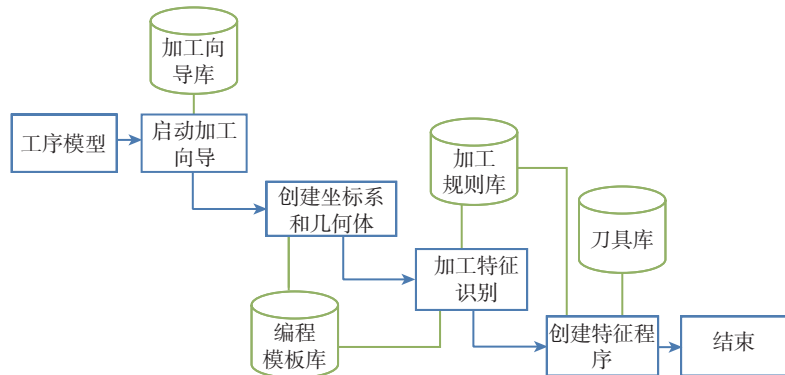


图2 基于特征的自动编程工作流程



图3 加工向导

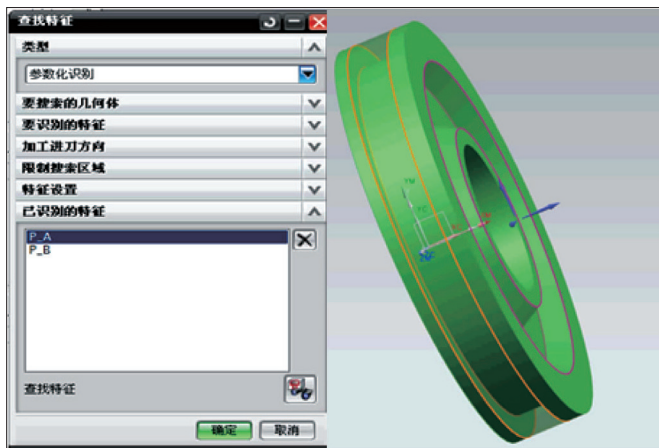


图4 特征识别

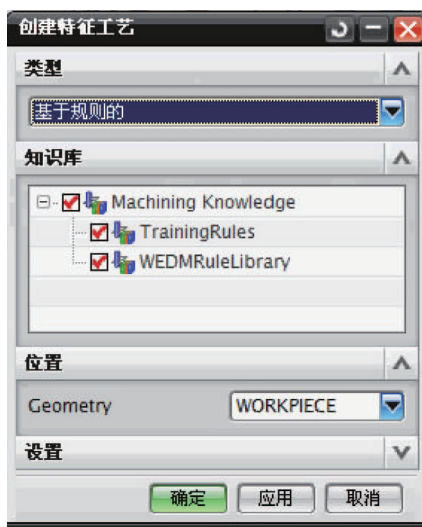


图5 MKE创建特征工艺



图6 程序创建示例

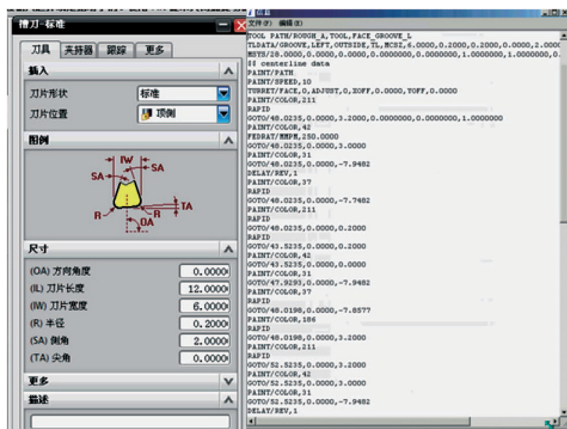


图7 刀具及刀轨文件

征既可以是简单的孔、面、槽等基本特征,也可以是用户自定义的复杂的新特征,特征的添加、修改和删除都需要在 MKE 的特征库中进行,每一种特征都作为一条独立的信息存储在 MKE 所调用的 xml 文件中,特征库的信息量越大,所能满足用户需求的程度越高。

(3) 步骤 3: 选择加工规则。

根据所选特征,在 MKE 加工规则资源库中自动选取适用的规则(图 5),判断 MKE 加工规则资源库中规则的适用性包括多方面的内容,零件的输入输出形式、加工前的状态、规则的优先级等都是参考的依据。加工规则资源库中如果有与此种特征相对应的解决方式则能够正常生成

数控程序,如果没有就需要用户在库文件中添加新的内容。

(4) 步骤 4: 创建数控程序。

通过上述编程工具和后台资源库的配合使用,可以快速地完成数控编程的创建(图 6),生成刀轨文件(图 7)。

结束语

通过实际零件验证,基于加工特征的编程工具在航空发动机零件的

数控编程规划中是可行的。作为一种先进的技术手段,可以简化编程人员的工作,降低程序编制的重复率,固化成型的编程策略,在航空发动机行业具有很强的推广价值。

参考文献

[1] 李维. UG NX 7.5 数控编程工艺师基础与范例标准教程. 北京: 电子工业出版社, 2011.

[2] 张英杰. 基于特征的箱体类零件数控编程技术. 西安交通大学学报, 2008, 42(5): 578-582.

[3] 简建帮. 基于 MBD 和特征的飞机结构件数控加工方法. 机械科学与技术, 2011, 30(5): 756-760.

[4] 杨晓琴. 基于工艺特征识别技术的数控自动编程方法研究[D]. 广州: 广州大学, 2011.

[5] 闫海兵. 飞机结构件复杂加工特征识别技术的研究与实现[D]. 南京: 南京航空航天大学, 2010.

(责编 良辰)