

基于 UG 的虚拟制造

史 勇, 杜方平

(西安航天发动机厂, 陕西 西安 710100)

摘 要: 介绍了基于现代数控虚拟制造技术的基本内容, 并以某零件为例进行了详细工艺分析与虚拟制造仿真技术研究, 进行了该零件的切削仿真, 开发了后置处理器, 实现了机床碰撞系统的虚拟仿真。为解决此类复杂零件的高效数控加工提供了新的方法。

关键词: 虚拟制造; UG 切削仿真; 碰撞仿真

中图分类号: V463

文献标识码: A

文章编号: (2010) 04-0036-06

UG based virtual manufacturing technology

Shi Yong, Du Fangping

(Xi'an Space Engine Factory, Xi'an 710100, China)

Abstract: The paper introduced virtual manufacturing technology based on modern numerical control. Based on the analysis of part machining and virtual manufacturing simulation technology, cutting simulation of a part was conducted. The virtual simulation of machine impact system was realized with developed post-processor. A new method is provided for the effective NC machining of such complex parts.

Key words: virtual manufacturing technology; UG cutting simulation; impact simulation

0 引言

在航天产品复杂型面数控加工制造中, 工件正式加工之前, 一般要进行实物试切^[1]。随着工件复杂程度的增加, NC 程序的复杂化增加, NC

代码的错误率也越来越高。在进行实物试切时, 如果 NC 程序有错误就会造成工件过切、少切或加工出废品; 也可能发生零件与刀具、刀具与夹具、刀具与工作台的碰撞与干涉。因此, 试切是必不可少的。然而对于正式产品制造之前的零件试切有积极的方面也有其不足之处。一方面, 试

收稿日期: 2010-03-01; 修回日期: 2010-05-06。

作者简介: 史勇 (1983—), 男, 助理工程师, 研究领域为数控加工。

切可以通过对样件的加工了解 NC 代码的不足之处,为后面零件的加工避免类似状况的出现有积极的指导作用;另一方面,试切浪费人力物力,而且会不可避免地延缓生产周期,增加产品的开发成本,降低实际生产效率。

虚拟制造技术将改变设计、试制、修改设计、规模生产的传统制造模式。在产品真正制造之前,在虚拟制造环境中生成软产品原型 (Soft Prototype) 代替传统的硬样品 (Hard Prototype) 进行试验,对其性能和可制造性进行预测和评价,从而缩短产品的设计与制造周期,降低产品的开发成本,提高产品快速响应的能力。

现有的大多数商品化 CAD/CAM 软件都提供了数控加工过程虚拟制造仿真功能,但是这些系统都仅仅是建立刀具和工件的几何仿真模型,仿真功能不完善。为了满足虚拟制造的要求,必须建立加工环境模型,它包括刀具、夹具、工件、工作台及虚拟机床,实现数控加工的全景仿真。图 1 是基于 UG 软件的虚拟制造的基本内容^[2-4]。

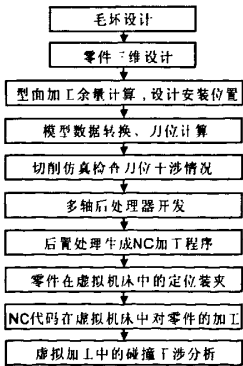


图 1 虚拟制造的基本内容
Fig.1 Virtual manufacturing flowchart

基于 UG 的虚拟制造环境,主要研究了切削仿真、后处理技术及碰撞仿真三部分内容。开发了某机床后处理器以及该机床碰撞仿真系统。利用切削仿真、后处理器代码转换与机床碰撞仿真可以在虚拟的计算机软件环境中完成对各种复杂的航天零件进行加工“试切”,了解工件在加工中加工代码的正确性以及进一步通过由刀具、夹具、工作台及虚拟机床组成的加工环境与运动模

型,检查出各个部件的碰撞干涉关系。把零件试切阶段放在计算机中,从而快速准确的完成加工代码的验证,为实际零部件的加工提供依据。

1 基于 UG 五轴加工中心的切削仿真

以某零件为例,如图 2 所示零件三维图,图 3 为其毛坯图。根据该零件的几何结构特征和使用要求,确定其基本加工工艺路线为:(1)锻压回转铝件;(2)车削加工回转体的基本形状;(3)调用三轴粗加工零件表面,去除工件大量余量,调用五轴进行零件表面曲面五轴精加工。

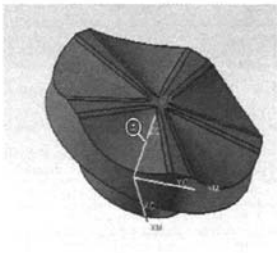


图 2 零件图
Fig.2 Part diagram

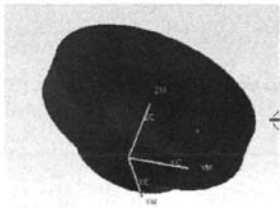


图 3 毛坯图
Fig.3 Blank diagram

1.1 型面三轴粗加工

UG 软件提供了丰富的三轴加工方法。对于曲面加工,一般用等高线、面铣削等加工方法。等高线加工方法 UG 软件提供了 9 种方式,涉及到走刀方式以及刀路中各种步进和进退刀方式;面铣削加工方法根据不同的驱动方式和投影方式也可组合出多种加工方法。这些加工方法通过切削仿真才可以确定出合适的加工方法。

由于本例中此工序要对毛坯切除大量的余量,切削方法采取等高线、层优先、顺铣、刀路跟随周边的加工设置方法,刀路之间运动控制方式采用先前平面方式,铣削深度使用层控制,这样可以减少空行程,提高综合加工效率。

按照这一加工方法对其进行粗切削加工仿真,效果如图 4 所示。

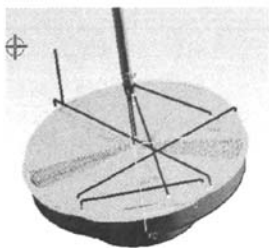


图 4 粗加工

Fig.4 Rough machining

1.2 型面五轴精加工

为了得到较高的表面质量,利用 UG 软件对其进行加工中心上的五轴精加工处理,加工过程中刀具轴线始终处于零件成型表面的法向矢量上。UG 软件进行五轴编程一般要指定加工零件、刀路的驱动方式、刀具的切削类型、刀轴控制方式、切削方向、投影矢量等。

在五轴联动数控加工曲面的过程中,刀轴矢量是由定义在刀位轨迹上的局部坐标系的前导角和侧倾角两个角度来确定的。当前导角与侧倾角相等且都为零度时,为刀具轴垂直于表面的端铣方式;当侧倾角为九十度时,为刀具轴平行于加工表面的侧铣方式。刀轴控制方式是影响五轴联动加工效果的一个重要因素。由于目前的 CAM 系统中一般在五轴联动端铣加工方式中提供了人工输入方法,刀具位置是根据投影方向来确定的,刀具沿着投影方向下降直至刀具和曲面相切。

本例此精加工工序中,型面比较平坦,编程时 UG 刀路的走刀是沿着驱动面的 U、V 线方向进行走刀的。采用曲面驱动方式时,可以指定任意大小的切削区域(只需指定驱动曲面的参数范围),也可以使用多张曲面来驱动(可以使用零

件面做驱动面,也可以另外构建驱动面)。需要注意的是:在使用平底铣刀时,刀轴的方向控制一般使用相对于驱动方式,前导角一般在五度左右,否则加工时会发生刀具后部过切;在刀轴方向控制使用相对于驱动方式时,驱动面最好使用半个曲面,并且驱动曲面和零件曲面质量要好,否则生成的刀路会发生过切或撞刀,或者刀路看起来很好,但刀轴可能会发生突变造成过切或撞刀,这在加工面有多张曲面构成时更容易发生;五轴加工不同于三轴或四轴加工,五轴仿真除了进行切削仿真外,更需要用碰撞仿真,设定数控系统和运动关系,模拟真实的数控加工,用来观察加工碰撞干涉情况。其中五轴加工路线的刀路仿真情况如图 5 所示。

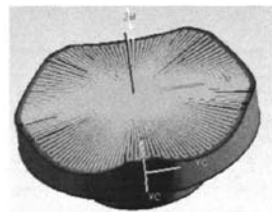


图 5 五轴精加工

Fig.5 5-axis finish machining

2 基于 UG/Post Builder 对加工中心后处理器的开发

UG/Post Builder 是创建 UG 后置处理器的一个很方便的机床后置处理开发工具。通过交互式的开发界面,用户可以用 UG/Post Builder 开发常见的传统数控机床的后置处理器,例如铣床、车床、电火花线切割等。UG 软件虚拟加工过程所生成的结果是一个格式为 cls 的刀具位置源文件,是一个中性文件,此文件的生成不考虑机床形式,只根据刀具位置和刀轴矢量以及相关参数计算刀路。此中性文件是根据加工工艺要求生成的,包含了所需要的加工信息,例如刀具、加工方法等信息,因此只要将其翻译成机床能够识别的加工程序就可以。UG 后处理程序一般可以使用其自带的 UG/Post Builder 后处理生成器,根据实际的机床参数、控制系统、运动方式等进行相

应设置来完成,可以利用TCL语言进行相关的修改。

使用UG/Post Builder开发的后置处理器涉及到三个文件。一个是定义文件,后缀是def,包含机床控制系统的功能和程序格式;另一个是事件处理文件,后缀是tcl,包含每一个事件的处理方式;第三个是UG/Post Builder的参数文件,后缀是pui,包含了所有UG/Post Builder预置的后置处理数据信息。可以用UG/Post Builder打开后置处理器并进行修改和用户化开发操作,当然也可以打开相应的定义文件和事件处理文件进行修改。

下面是本例利用UG后处理器程序处理的中性文件生成的部分加工代码:

```
N50 X-53.308 Y49.138 Z-.207 B16.548 A54.787
N51 X-53.221 Y49.232 Z-.234 B17.616 A55.168
N52 X-53.046 Y49.42 Z-.295 B19.764 A55.938
N53 X-52.342 Y50.166 Z-.608 B28.555 A59.117
N54 X-50.901 Y51.627 Z-1.502 B33.919 A61.239
... ..
... ..
N72 X-19.259 Y69.895 Z-8.668 B11.157 A126.615
N73 X-17.274 Y70.412 Z-8.557 B11.82 A135.037
N74 X-15.274 Y70.873 Z-8.394 B12.738 A142.446
N75 X-13.263 Y71.277 Z-8.177 B13.863 A148.786
N76 X-11.24 Y71.623 Z-7.908 B15.152 A154.13
N77 X-9.209 Y71.913 Z-7.585 B16.568 A158.614
```

3 机床碰撞仿真系统的开发

碰撞仿真是指在虚拟空间中,将工件按照真实加工情况通过夹具装夹到虚拟机床上进行虚拟仿真加工的过程,用来检验后处理器生成的加工代码的正确性。

碰撞仿真的重点是面向机床各个运动部件的空间位置关系,检查机床运动是否出现碰撞、干涉等现象,适用于机床各个运动部件相对运动状况比较复杂,难以用传统的方法检查和控制的三轴以上数控加工。实际生产当中数控加工存在的问题主要存在于机床主轴与工作台的干涉、机床

主轴与夹具的干涉、刀具与工作台的干涉、刀具与夹具的干涉等。未经检验的、错误的数控加工程序可能会导致加工出报废的产品,严重的情况会产生安全事故,例如折断刀具、撞坏机床的主轴、机床主轴上刀具碰撞或铣削了机床工作台等,更严重的情况甚至会危及到操作人员的生命安全等。

在计算机上面利用可视化技术对数控加工过程进行碰撞仿真,可以快速、安全和对数控加工程序做出准确的评估,还可以针对仿真过程中发现的问题对数控程序做出及时准确的修改,有必要的还可以对零件设计和刀路规划的缺陷等进行重新改正,从而节省了反复的空运行、试切等过程,降低材料的消耗和生产成本,提高生产效率。图6为碰撞仿真系统开发的基本流程图。

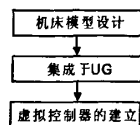


图6 碰撞仿真开发流程图

Fig.6 Impact simulation development flowchart

机床运动模型设计过程大体如下:

(1) 根据机床各组件运动关系,简化机床设备的结构,建立机床模型;

(2) 建立机床各组件的零件模型,应用主模型装配法建立机床装配体,图7为装配完成的机床模型;

(3) 应用机床构建器开发机床运动模型;

(4) 建立虚拟零件装配工件组、对机床运动模型各组件进行分类;

(5) 创建机床运动模型联结点,联接设置见图8;

(6) 分配机床运动模型各运动轴及其运动范围,图9为运动轴参数设置面板。

数控机床需要数控系统来控制机床各轴的运动以实现零件的加工,同样虚拟数控机床也需要虚拟控制器来控制机床运动模型中各轴的运动来实现真实的加工程序的模拟,从而实现对工件的

虚拟加工, 达到运行数控加工程序, 检验机床运动有无干涉和碰撞的目的。

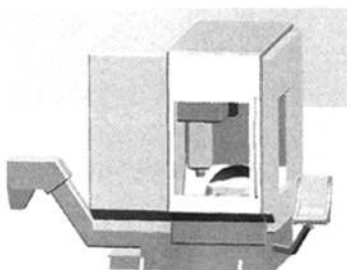


图 7 装配完成的机床模型

Fig.7 Assembled machine model

选择输出设置选项中的其他选项子项, 选择产生虚拟控制器选项, 保存后置处理器时会自动生成第四个文件后缀名为.tcl, UG 中生成相应的控制面板如图 11 所示。



图 10 虚拟控制器的建立

Fig.10 Establishment of simulation controller

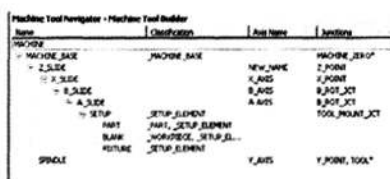


图 8 各个组件运动联接设置

Fig.8 Motion junction setting of each component



图 9 运动轴参数设置

Fig.9 Motion axis parameter setting



图 11 虚拟控制面板

Fig.11 Simulation control panel

机床运动模型在进行运动模拟时, 将工件装夹于虚拟机床上。图 12 为零件在虚拟机床上的装夹。

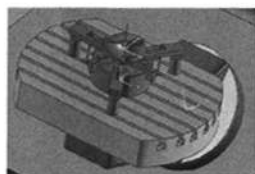


图 12 工件装夹

Fig.12 Workpiece clamping

虚拟控制器的建立与后置处理器的开发是同步进行的, 如图 10 所示, 在建立后置处理器时

通过机床运动学模型与后处理中虚拟控制器在 UG 的集成, 实现了虚拟机床的运动。虚拟控制面板可以直接调用后置处理器一边输出数控加工程序一边进行机床模拟加工。

碰撞仿真系统的开发实现了对数控程序的快速、有效检查, 为实现程序的快速修正提供了平台, 降低了传统加工方法中空运行、试切削所带来的各种成本, 提高了生产效率。

4 结束语

基于 UG 的虚拟现实的虚拟制造技术无疑会取代传统的小批零件试制方法, 将成为今后新航天产品设计试制的主要手段。加工中心虚拟仿真技术一方面可以克服传统上刀具轨迹演示法缺少真实感的局限性, 克服刀具和工件的干涉和过切现象难以发现的缺点; 另一方面可以避免试切法对于大型单件复杂工件极为复杂、周期长、成本

高的缺点。从而可以大大提高加工中心的有效工时数和使用寿命。

参考文献:

- [1] 陈皓晖, 刘华明, 孙春华. 国内外叶轮数控加工发展现状[J]. 航天制造技术, 2002, 4(2): 45-48.
- [2] Cullev R K, Kempf K G. A Collision Detection Algorithm Based on Velocity and Distance Bound [C]. IEEE International Conference on Robotics and Automations Proceeding, 1996.
- [3] 陈元琰, 张晓竞. 计算机图形学实用技术[M]. 北京: 科学出版社, 2000.
- [4] 徐春蕾. 虚拟仿真环境中碰撞检测技术的研究与应用[D]. 长沙: 国防科学技术大学, 2000.
- [5] 王定军, 宋会玲, 白少卿, 等. 减压阀节流口流场仿真和分析[J]. 火箭推进, 2009, 35(6): 37-40.
- [7] Clark C J, Dombrowski N. Aerodynamic Instability and Disintegration of Inviscid Liquid Shear[C]. Proc.R.Soc.London 1972.
- [8] Li Xianguo. Spatial Instability of Plane Liquid Sheets[J]. Chemical Enginnering Science, 1993, 148: 1939-2981.
- [9] Shen J, Li X. Instability of an Annulai Viscous Liquid Jet[J]. 1996, 114: 467-183.
- [10] Du Qing, Li X. Effect of Gas Stream Swirls on the Instability of Viscous Annular Liquid jets [J]. Acta Mechanica, 2005, 176: 61-81.
- [11] Qing Du, Ning.Liu, Jun.Yin, The Study on the Relationship Between Breakup Modes and Gas-Liquid Interfaces [J]. Chinese Science Bulletin, 2008, 53(18): 2898-2906.
- [12] 张蒙正, 左博. 幂律型流体管路中的流动特性 [J]. 推进技术, 2009, 33(5): 1-5.
- [13] 张蒙正, 杨卫东. 幂律型流体直园管流动特性探讨[J]. 火箭推进, 2007, 33(5): 1-5.
- [14] Jeffery C Thompson, Jonathan P Rothstein. The Atomization of Viscoelastic Fluids in Flat-Fan and Hollow-Cone Spray Nozzles [J]. J. Non-Newtonian Fluid Mech, 2007, 147: 11-22.
- [15] Zhengbai Liu, Franz Durst. Linear Analysis of the Instability of Two-Dimensional Non-Newtonian Liquid Sheets[J]. J. Non-Newtonian Fluid Mech, 1998, 78: 133-166.
- [16] Aharonov E, Rothman D H. Non-Newtonian Flow through Porous Media: A Lattice Boltzmann Method [J]. Geophysical Research Letters, 1993, 20: 679-682.
- [17] Boek E S, Chin J, Coveney P V. Lattice Boltzmann Simulation of the Flow of Non-Newtonian Fluids in Porous Media [J]. International Journal of Modern Physics B, 2003, 17: 99-102.
- [18] Gabbanelli S, Drazer G, Koplik J. Lattice Boltzmann Method for Non-Newtonian (Power-Law) Fluids[J]. Physical Review E, 2005, 72: 7-11.

(编辑: 马 杰)

(上接第 6 页)

(编辑: 马 杰)