

五轴数控工具磨床的虚拟加工仿真技术研究

张哲山¹, 姚斌¹, 陆如升¹, 李飞¹, 姚博世²

¹厦门大学; ²陕西省汉江工具机床有限公司

摘要: 通过计算机辅助设计与虚拟样机技术,建立了五轴数控工具磨床虚拟加工环境。借助这个平台对回转面刀具进行了设计制造的前期验证,检验加工指令的准确与否。最后以两刃立铣刀为例,利用生成的数控加工程序对其进行了虚拟仿真磨削,结果证明了研究理论的可行性和准确性。同时,加工仿真可有效判断机床工艺系统的相互干涉问题,提高了数控指令的可靠性。

关键词: 五轴数控工具磨床; 三维仿真; 回转面刀具; VERICUT

中图分类号: TH164

文献标志码: A

Research on Virtual Five-axis CNC Tool Grinder Machining Simulation Technology

Zhang Zheshan, Yao Bin, Lu Rusheng, Li Fei, Yao Boshi

Abstract: The design process of a virtual machining environment for five-axis CNC tool grinder based on the research of the computer aided design and virtual prototype technology has been presented in this paper. This simulation platform is very adapt to the early verification of helical cutter design and manufacturing. And the correctness of NC processing commands can also checked on this simulation platform. Taking the end mill as an example, the manufacturing process was simulated. The simulation results show that the virtual modeling method is feasible and the result can effectively judge the mutual interference of machine tool system. This method also can improve the reliability of NC commands.

Keywords: five-axis CNC tool grinder; 3D simulation; helical cutters; VERICUT

1 引言

随着先进制造技术的不断发展,机械制造行业的产品结构日趋复杂,性能和精度要求亦日趋提高,其数控加工内容也更加复杂。在传统数控加工中,在加工指令生成后直接进行试加工,因缺乏相关仿真技术,只能在实物机床上进行加工指令的验证。这种方法降低了加工效率,也增加企业的生产成本,不符合现代制造技术“高效率、高精度、高智能及低成本”的主题^[1],尤其在加工复杂曲面时更为明显。目前,各先进刀具制造厂家都有其独立的数控加工设备和仿真软件,但是均受到严格保护,不对外开放。为了突破这一技术难点,引入了VERICUT仿真技术,结合复杂曲面成型技术,建立了五轴磨削回转面刀具的仿真平台。

VERICUT是由美国CGTech公司开发的一款数控加工仿真软件,其中包含验证模块、优化模块、机床仿真模块、多轴模块、AOTU-DIFF模块、I/O接口模块等,能够实现刀具轨迹模拟并生成相应轨迹文件以供后续处理,还能进行机床、刀具干涉检测,并优化加工工艺^[2]。

2 基于 VERICUT 的五轴工具磨床建模

VERICUT软件提供了两种机床建模方式。一种是基于VERICUT自带的通用建模功能,可以创建方块、圆柱,模型文件等形式的实体文件,其特点是几何外形比较简单,创建方便,但是对于复杂机床结构的局部特征表达不够,碰撞干涉检验能力低。另一种是利用VERICUT与其它CAD/CAM软件接口,将建立好的特种机床实体模型导入VERICUT环境中并装配。其特点是机床整体模型清晰,局部特征明显,但所需存储空间大,可能出现坐标漂移问题。本文选择第二类机床建模方式,并详细介绍整个设计建模及仿真过程,五轴数控工具磨床模型如图1所示。

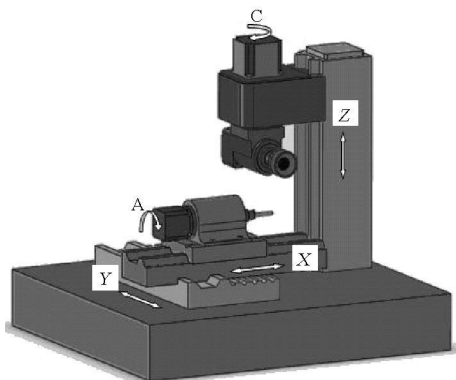


图1 五轴数控工具磨床三维模型

2.1 项目树

在搭建虚拟机床的过程中,机床是建立在一种树型结构模型的基础之上的,称这个树形结构为项目树。项目树中,同时包括了数控机床、坐标系统、G 代码偏置、加工刀具、数控程序等部分,具体内容及其关系如图 2 所示。其中又以机床几何实体模块和机床运动链模块为核心,并共同构成机床实体。

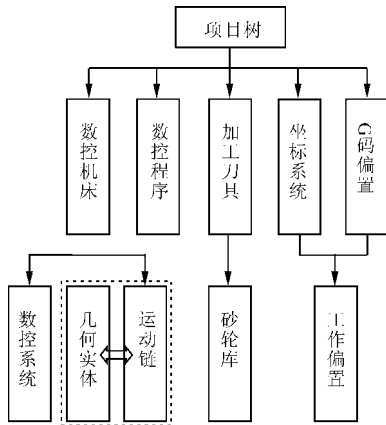


图 2 工具磨床的项目树

2.2 机床几何模块分析

一般来说,机床是在机床基座的基础之上添加各个总成部件构成。因此,在前期 CAD 软件建模中,应采用模块化方法来构造各总成部件外观几何模型。将机床分为基体(Base)、线性移动轴部件,旋转轴部件,夹具部件、刀具库等模块。

在图 1 所示的五轴数控工具磨床中, X、Y、Z 表示线性移动轴, A、C 表示旋转轴。把五轴工具磨床按 Base、X 轴、Y 轴、Z 轴、A 轴及 C 轴等单元在 CAD 软件中进行建模,并保存为 STL 格式以供 VERICUT 使用。

在启动 VERICUT 后,首先应指定工作目录,然后另创建一个文件项目,并将各机床单元按照一定顺序关系导入组装,最后得到机床整体模型。

2.3 机床运动链结构分析

虚拟机床的运动是由各运动部件的平动、转动及相互间的关联运动构成,它们之间相互间的关联为机床运动链^[3]。根据本机床结构和运动特性,按照前述建模方法,得到两条运动链^[4]: (1) 机座 \rightarrow Y 轴(Y-SLIDE) \rightarrow X 轴(X-SLIDE) \rightarrow A 轴 \rightarrow 工件夹具装配单元; (2) 机座 \rightarrow Z 轴(Z-SLIDE) \rightarrow A 轴 \rightarrow 主轴(SPINDLE) \rightarrow 砂轮(GRINDING WHEEL)。

在往 VERICUT 导入机床各模块的过程中,会出

现坐标漂移的情况,即在 VERICUT 中的机床原点与 CAD 软件中设计的机床原点不重合。因此需要测得 CAD 软件中的机床原点与 VERICUT 中机床原点之间的偏置距离,然后调整相应组件坐标,使得各轴按照原设计要求工作。具体调整参数见图 3。在刀具(砂轮)装配中,要调整主轴坐标系的 Z 轴方向与刀具坐标系的 Z 轴方向一致,否则在主轴开启进行切削加工时,刀具会绕着未调整之前主轴的 Z 轴旋转,无法进行磨削加工。这是因为砂轮是绕着其刀具坐标系中的 Z 轴进行旋转加工。

机床整体的项目树结构如图 3 所示。完成虚拟机床的架构搭建后,使用手动模式(MDI)检验一次各个运动轴之间的运动是否与预先设计一致,主要包括检查各个轴的运动正方向、旋转方向等,以避免仿真错误。

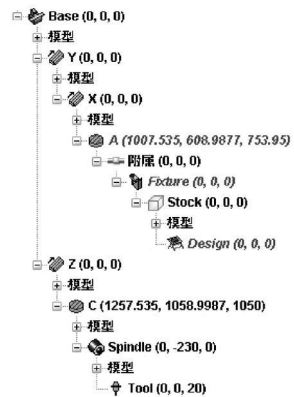


图 3 机床完整运动结构

2.4 砂轮库的创建

在项目树中,启动刀具管理器可以创建所需要的加工刀具。管理器中主要提供了包括刀具类型、刀具直径、长度、刀具夹持点、刀尖点、刀柄等刀具参数。在 VERICUT 中创建完成的刀具可以单独保存,也可以供不同的虚拟机床调用。在特种回转面刀具的几何成型过程中,开槽成形、磨背、磨刃锋(刃磨)是三个主要工序。其中,开槽成形使用平行砂轮、磨背使用双斜边平行砂轮、磨刃锋使用碗型砂轮。

由于 VERICUT 没有提供设置砂轮的模块。根据砂轮的切削原理采用铣刀类刀具模块创建砂轮,可满足仿真要求。结合特种回转面刀具的几何成型过程中的不同工序要求,在 VERICUT 中可以创建多个砂轮以供不同加工工序调用。图 4 所示为在刀具管理器中创建的砂轮模型。

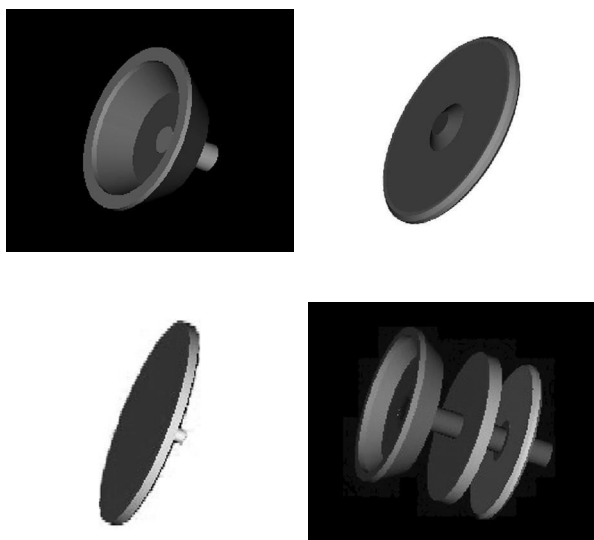


图4 各类型砂轮模型

3 实例仿真

3.1 坐标系与 G 代码偏置

在整个坐标系统中,包含了机床坐标系、模型坐标系、工件坐标系和自定义坐标系等。用户可以根据编程和设计需要设置各坐标系。并根据实际的机床操作设置 G 代码偏置选项^[5],包括机床基本偏置、工作偏置、程序零点、机床零点等,本例中设置了一个工作偏置(寄存器),记为 G54。在配置“工作偏置”时,选择偏置位置为“从刀具(tool)到毛坯(stock)”,需要在两个组件上选择特征点。

3.2 机床控制系统加载及添加数控程序

VERICUT 中包含了一个控制系统库,包含了目前市场上使用较广的数控操作系统。如: Fanuc 系列、Generic (Fanuc-like) controls 系列、Heidenhain 系列、西门子系列及华中数控系统等,用户也可以根据自身需要修改设置自己的数控系统。本文采用 Fanuc Series 15(库名: fan15m.ctl) 控制系统。在项目树中添加数控程序文件,实现动态仿真加工。由于 NC 程序支持 txt、mcd 等文件格式,因此可以将编写的 G 代码文件保存为 txt 文件格式,并将此文件导入 VERICUT 中。

3.3 回转面刀具开槽仿真

在一定的数控机床结构下,机床调整参数的设定对于刀具切削刃的形状有重要影响,直接决定了刀具的品质。为了保证刀具品质,必须确定回转面刀具在机床上的最优加工调整参数。基于微分几何与复杂曲面成形原理,建立了回转面刀具螺旋槽的通用数学模型,并通过铣刀设计软件计算出机床加

工需要的调整参数,结果如表 1 所示,各调整参数在加工坐标系中的位置如图 5 所示。

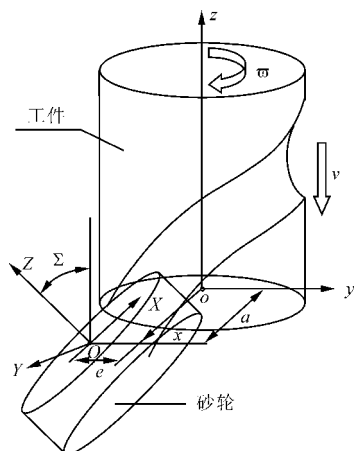


图5 回转面刀具开槽加工坐标系

以普通 2 刃铣刀螺旋槽开槽为例,具体设计参数见表 1。利用设计的软件计算生成加工所需的数控程序,最后仿真结果如图 6 所示。在此过程,VERICUT 还会自动记录加工过程中出现的错误,并输出,用于编程人员分析和修改程序。

表 1 仿真实例参数

| 参数 | 值 |
|--------------|-----------------------|
| 中心距 a | 76.42mm |
| 偏心距 e | 8.771mm |
| 安装角 Σ | 53.532° |
| 砂轮直径 D_0 | 150 |
| 砂轮宽度 B | 6.5 |
| 工件直径 D | 6 |
| 刃宽 C_w | 0.9 ± 0.06 |
| 棒料长度 L | 100 |
| 槽数 Z | 2 个 |
| 前角 γ | $10^\circ - 14^\circ$ |
| 芯厚 r_i | 1.6 ± 0.01 |

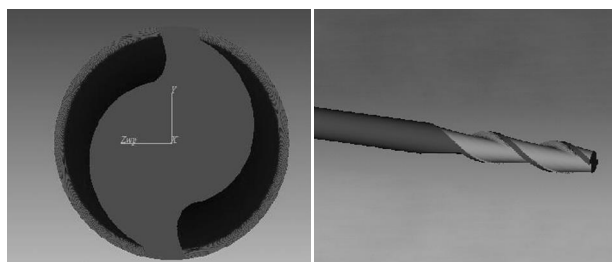


图6 仿真结果

基于实例推理的可转位刀具快速设计方法研究

王畅, 侯忠滨, 邱玮桢

西北工业大学

摘要: 设计可转位刀具是一个复杂的、弱理论支持的过程, 需用到设计师积累的经验。本文充分利用先前可转位刀具设计所积累的经验与数据, 在 CAD 基础上提出基于实例推理的可转位刀具快速设计方法。根据特征属性特点给出了可转位刀具的实例, 并给出了各特征属性局部相似度的计算方法, 最后结合实例详细说明了使用此方法的设计过程。

关键词: 实例推理; 可转位刀具; 最近相邻算法

中图分类号: TG702

文献标志码: A

Case-based Reasoning Quick Design Approach for Indexable Turning Tool

Wang Chang, Hou Zhongbin, Qiu Weizhen

Abstract: The design of indexable cutting tool is a complex and weak-theory-supported process, which needs much experience accumulated by the tool designer. This paper presented a quick design approach for indexable cutting tool by making full use of the experience and data from previous cases. The representation of indexable turning tool designing case is given according to the features. The local similarity between features is also given. At the end of the paper, the detailed process of using this approach is discussed.

Keywords: case-based reasoning; indexable cutting tool; nearest neighbor method

1 引言

机夹可转位刀具具有可快换性、刀位准确和刀片质量高等优点, 在航空、航天、汽车及装备制造业中应用广泛。提升可转位刀具的设计效率对整个制造业具有重要作用。随着计算机技术的迅速发展及其在工程领域中的广泛应用, 极大地方便了产品的设计开发。使用 CAD 技术开发设计可转位刀具, 零件设计模型的建立速度是关键。当前国内企业主要依靠人工进行刀具设计, 设计周期过长, 效率低, 对

设计人员的经验依赖过大, 不能很好地满足刀具使用企业的要求, 这在一定程度上限制了可转位刀具的使用和发展。因此, 建立一个快速有效的可转位刀具计算机辅助设计系统具有非常重要的意义。本文基于实例推理(CBR)技术, 在机夹可转位车刀的设计过程中充分利用刀具设计人员成熟的设计经验并将其用于系统推理, 对建立可转位车刀快速设计 CAD 系统进行了深入研究。

2 基于实例推理系统的组成

2.1 基于实例推理的概述

基于实例推理(CBR)源于1982年美国学者

4 结语

基于 VERICUT 软件建立了五轴数控工具磨削平台, 介绍了五轴数控工具磨床建模的关键技术和流程, 给出了工程应用案例。这一技术思路对于精密刀具磨削制造行业有一定的参考价值。能够将刀具设计的不合理之处消除在实际加工之前, 提高原始设计完善程度, 避免实际加工中出现的干涉、过切、欠切等错误, 缩短刀具设计周期, 提高生产效率, 降低加工设备的资源消耗。

参考文献

[1] 左建华, 张志英, 李殿超, 等. OSG 立铣刀切削性能试验

研究[J]. 工具技术, 2000, 34(2): 26-28.

[2] 杨胜群, 唐秀梅, 李克安, 等. VERICUT 数控加工仿真技术[M]. 北京: 清华大学出版社, 2010.

[3] 关慧珍, 冯辛安. 机械制造装备设计(第3版)[M]. 北京: 机械工业出版社, 2009.

[4] 雷宝珍, 方新, 孙红花. 基于 VERICUT 虚拟机床建模技术的研究与应用[J]. 机床与液压, 2008, 36(7): 326-328.

[5] 魏平, 耿慧莲. 基于 VERICUT 数控车削梯形螺纹宏程序设计[J]. 工具技术, 2010, 44(2): 80-82.

第一作者: 张哲山, 硕士研究生, 厦门大学机电工程系, 361005 福建省厦门市

First Author: Zhang Zheshan, Postgraduate, Department of Mechanical and Electrical Engineering, Xiamen University, Xiamen, Fujian 361005, China