

DOI: 10.3969/j.issn.1001-3881.2015.11.036

## 基于 VERICUT 的铣车复合加工仿真系统研究

于文凯<sup>1</sup>, 张松<sup>2</sup>, 陈艳<sup>2</sup>, 张庆<sup>2</sup>

(1. 上海航天设备制造总厂, 上海 200245;

2. 山东大学高效洁净机械制造教育部重点实验室, 山东济南 250061)

**摘要:** 以立式铣车复合加工中心 VMT100 为原型, 使用数控加工仿真软件 VERICUT 对实际加工在计算机上进行虚拟仿真。介绍了基于 VERICUT 的立式铣车复合加工中心 VMT100 的数控加工仿真工作流程及注意事项, 在 VERICUT 中构建 VMT100 的机床仿真环境, 建立轮毂模具数控加工所需要的刀具库, 以轮毂模具的数控铣削加工为例介绍了 VERICUT 数控加工仿真。结果表明: 可通过在 VERICUT 中建立 VMT100 的专用仿真平台上的仿真验证 NC 程序的正确性、检查潜在的加工碰撞错误并计算加工时间, 提高了数控编程效率和加工质量、减少试切并降低生产成本。

**关键词:** VERICUT; 虚拟仿真; 数控加工

**中图分类号:** TP391.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-3881 (2015) 11-133-4

## Research on Simulation System for Milling-turning Combinational Machining Based on VERICUT

YU Wenkai<sup>1</sup>, ZHANG Song<sup>2</sup>, CHEN Yan<sup>2</sup>, ZHANG Qing<sup>2</sup>

(1. Shanghai Aerospace Equipments Manufacturer, Shanghai 200245, China;

2. Key Laboratory of High Efficiency and Clean Mechanical Manufacture,  
Shandong University, Jinan Shandong 250061, China)

**Abstract:** By taking Vertical Milling-Turning Combinational Machining Center VMT100 as a prototype, virtual simulation of actual processing was operated on the computer by numerical control (NC) machining simulation software VERICUT. Simulation of NC machining processes and considerations of Vertical Milling-Turning Machining Center VMT100 based on VERICUT were introduced. The machine simulation environment of VMT100 was built in VERICUT. A tool library that the NC machining of wheel hub mold needed was built. By taking the NC milling machining of hub mold as an example, VERICUT NC machining simulation was introduced. The results show that the simulation established on VERICUT of the special simulation platform is very important to verify the NC code, and to check potential process mistakes of collisions and to calculate machining time. Moreover, it can help to improve NC programming efficiency and machining quality, and to cut down trial run and to reduce the process cost.

**Keywords:** VERICUT; Virtual simulation; NC machining

### 0 前言

在机械产品的生产制造中, 为了解决复杂、精密零件的加工问题, 适应现代化生产的需要, 企业一般都采用数控加工。当前的数控编程技术在曲面建模、轨迹规划、刀位计算等方面都有了很大进展, 但因为 CAM 软件在生成刀轨的过程中一般不考虑零件的装夹方式和机床结构, 所以难以保证生成的数控程序完全正确。而保证数控程序的正确性, 是在实际加工之前必须解决的问题, 因此需要对数控程序进行检验。

在实际生产中, 企业通常采用试切的方法进行检验, 但试切代价昂贵、效率低下。而数控加工仿真可以高效、安全、有效的检验数控程序, 正在逐步代替试切。

VERICUT 是由美国 CGTECHG 公司开发的一款专门用于数控机床加工仿真的软件。VERICUT 取代试切, 通过虚拟仿真整个机床的加工过程来检验数控程序, 帮助企业清除错误和提高切削效率。

文中以立式铣车复合加工中心为例, 阐述了在 VERICUT 中进行虚拟加工仿真的关键技术和方法。

### 1 VERICUT 仿真加工工作过程

VERICUT 软件由机床仿真模块、验证模块、多轴模块、优化路径模块、AUTO-DIFF 模块和 CAD/CAM 接口模块等组成。可以进行 NC 程序优化、缩短加工时间, 可检查过切、欠切, 防止机床碰撞、超行程等错误。具有真实的三维实体显示效果, 切削模型可测量尺寸, 并能保存模型供检验、后续工序切削

收稿日期: 2014-04-11

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (51175309); 国家科技重大专项课题 (2012ZX04006011)

作者简介: 于文凯 (1987—), 男, 工程师, 研究方向为运载火箭地面设备工艺。E-mail: yuwenkai87@126.com。

加工。

在 VERICUT 中进行数控加工仿真的具体流程如图 1 所示。

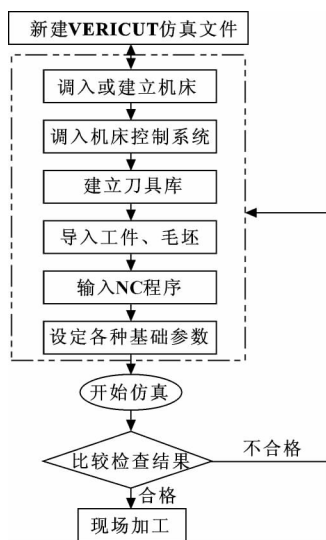


图 1 VERICUT 仿真加工流程图

具体操作如下：

(1) 打开 VERICUT 7.1.4 数控加工仿真软件，以毫米为单位建立新的仿真项目，命名为“VMT100.项目”。

(2) 在 VERICUT 项目树中按照 1:1 的比例建立立式铣床复合加工中心 VMT100 的虚拟机床。

(3) 建立刀具库，创建零件数控加工所用刀具。

(4) 在 VERICUT 项目树中调用西门子 840D 控制系统，设置控制系统的各种参数，比如 C 轴旋转台绝对旋转式方向设为“最短的距离”。

(5) 在 VERICUT 项目树中调入零件三维设计模型及毛坯三维设计模型，可直接调入 NX 7.5 建立的 UG Part File (.prt) 类型的文件，无需转换格式。

(6) 在 VERICUT 项目树中调入数控加工程序文件，格式为经过 NX 后处理生产的 G 代码格式。

(7) 在 VERICUT 中进行各种基础设定，预先设定数控程序加工基准，设定机床初始化位置，设定机床换刀位置，设定机床行程极限等。

(8) 在 VERICUT 中进行数控加工仿真，监控数控加工过程，自动生成 VERICUT 日志文件。

(9) 比较检查数控加工仿真结果，利用 VERICUT 的“自动-比较”功能检查零件的过切和欠切残留。

(10) 输出仿真正确的数控程序用于零件首件试切，为零件的现场加工提供技术支持。

在 VERICUT 中建立虚拟机床是数控加工仿真过程的关键。

## 2 建立 VERICUT 机床仿真环境

机床仿真环境是按照实际机床建立各部件的三维

模型，并按照一定的拓扑结构和运动依附关系组合而成的机床抽象模型。机床仿真环境的建立主要分为建立仿真机床和配置仿真控制系统。以陕西秦川机床工具集团有限公司研制的立式铣床复合加工中心 VMT100 为例，介绍在 VERICUT 中构建机床仿真环境的过程。

VMT100 采用西门子 840D 控制系统，具有 x、y、z、B、C 5 个运动轴，可以实现五轴联动控制。机床具体参数如表 1 所示，机床结构如图 2 所示。

表 1 VMT100 的主要参数

工作台直径/mm	1 000
工作台承载能力/kg	1 500
x/y/z 轴行程/mm	1 250/1 000/1 000
x/y/z 轴进给速度/(mm·min <sup>-1</sup> )	1~60 000
铣削主轴最大转速	360°任意
B 轴摆动角度	-30°~180°
数控系统	西门子 840D

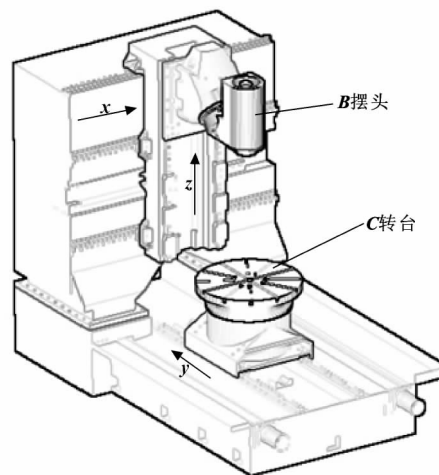


图 2 VMT100 机床结构图

### 2.1 建立仿真机床运动轴组件拓扑结构

要构建虚拟机床，必须先了解机床各轴之间的相互运动关系及相关参数。其中多轴联动加工中心的相互运动关系更为复杂，主轴、摆头以及旋转台的旋转中心的相互位置关系等参数尤为重要。

分析 VMT100 的拓扑结构时沿两条主线分析，其中一条是从刀具到机床立座分析：刀具装夹在主轴上，主轴安装在 B 摆头上，B 摆头依附在 z 组件上，z 组件上依附在 x 组件，x 组件依附在机床立座上；另一条主线是从夹具到机床底座分析：夹具装夹在 C 转台上，C 转台依附在 y 组件，y 组件依附在机床底座上。机床的各个运动组件均由西门子 840D 数控系统控制，具体拓扑结构如图 3 所示。

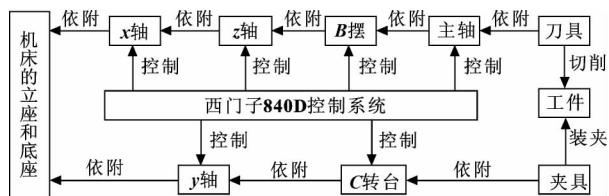


图3 VMT100的拓扑结构

一条是在新建 VERICUT 仿真项目“VMT100. 项目”的项目树中依次定义“Base 基准组件 >  $x$  线性组件 >  $z$  线性组件 >  $B$  旋转组件 > Spindle 主轴组件 > Tool 刀具组件”，形成“机床立座—刀具”传动链；另一条是在项目树中依次定义“Base 基准组件 >  $y$  线性组件 >  $C$  旋转组件 > 附属组件 > Fixture 夹具组件 > Stock 毛坯组件 > Design 设计组件”，形成“机床底座—工件”传动链。定义好的组件结构树如图4所示。



图4 VMT100 组件结构树

## 2.2 建立仿真机床组件模型

建立好立式铣车复合加工中心 VMT100 的运动轴组件拓扑结构之后，要为各机床组件相应的添加三维模型。为了有效地检查机床的干涉和碰撞，三维模型的尺寸大小、相互位置关系必须与实际机床完全相同。立式铣车复合加工中心 VMT100 的干涉和碰撞主要发生在  $B$  摆头、 $C$  转台、主轴与工件之间，因此这些模型的尺寸和坐标尤为重要。因为机床的模型比较复杂，所以要先在 Pro/E 中 CAD 模块中建立机床的三维模型，然后以组件为单位逐个保存为 STL 格式的副本，再将副本以组件为单位导入 VERICUT 的各机床组件中。在模型从 Pro/E 的输出过程中要注意参考坐标系应和 VERICUT 中对应的组件坐标系匹配。机床的三维模型输入到 VERICUT 中之后要按照机床实际结构（图2）调整其相互位置关系，完成机床的构建。在 VERICUT 中构建的虚拟机床如图5所示。

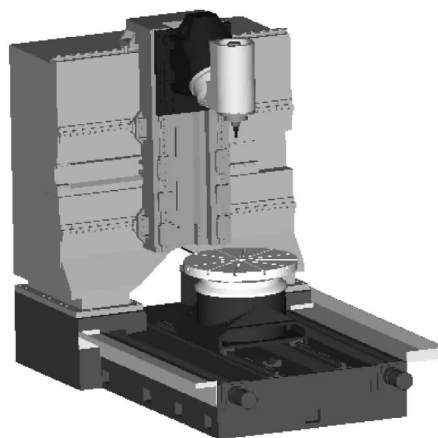


图5 VMT100 的虚拟机床

## 2.3 创建机床刀具库

根据零件不同的加工工艺，可以在 VERICUT 刀具管理器中创建不同的刀具。在刀具库中创建一把刀具主要包括建立刀具、建立刀柄、刀具命名和设定装夹点四个步骤。下面以整体硬质合金球头立铣刀为例详细介绍 VERICUT 中铣刀的创建过程。

(1) 建立刀具。在 VERICUT 的项目树中找到加工刀具，右击该图标在弹出的快捷菜单中选择“刀具管理器”。在刀具管理器中选择“添加”→“刀具”→“新”→“铣削”，会弹出“刀具 ID”对话框。如图6所示，组件类型选择“旋转型刀具”，刀具类型点选“球头铣刀”图标，在球头铣刀参数设置文本框中按照刀具样本输入图示参数，单击“添加”即可完成刀具的创建，刀具名默认为“1”。

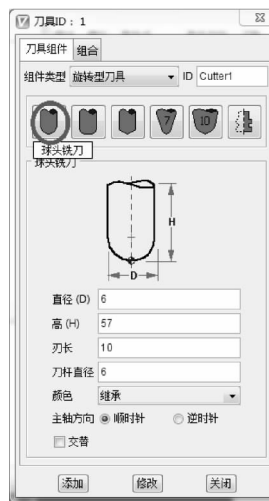


图6 建立刀具示意图



图7 建立刀柄示意图

(2) 建立刀柄。为了在 VERICUT 数控加工仿真过程中检验刀柄与工件或者夹具的干涉碰撞，还需要建立刀具的刀柄。刀柄的创建方法如图7所示，在“刀具 ID”对话框的组件类型中选择“刀柄”，刀柄

类型点选“旋转面轮廓”，在旋转面轮廓列表框中一次输入刀柄旋转面轮廓各节点坐标值，单击“添加”即可创建刀具的刀柄。然后在“刀具 ID”对话框中单击“组合”，将建立好的刀柄和刀具组合在一起，刀具从刀柄中伸出 30.0 mm 即可。

(3) 在刀具管理器中将已经建立的刀具“1”重新命名。刀具的驱动点默认为刀尖位置，即刀尖的坐标值为 (0, 0, 0)，设定刀具的装夹点为刀柄上端面回转中心。刀具的装夹方向为默认方向，刀具刃数设定为 2。

#### 2.4 机床相关参数设定

建立好仿真机床之后，需要配置机床控制系统并对机床进行初始化设置。机床参数设定包括机床碰撞检测、机床初始位置、机床行程等主要方面。VMT100 所用控制系统西门子 840D 系统可直接在 VERICUT 中调用。机床参数可通过“机床设定”对话框进行设定，如图 8 所示。



图 8 “机床设定”对话框

通过设置“碰撞检测”选项卡，可以检测机床各组件之间是否发生碰撞，并且会在 VERICUT 日志中列出仿真加工中出现的碰撞错误。通过“表”选项卡可以设置机床的初始位置和换刀位置。通过“行程极限”选项卡可以设置机床的行程范围，用以检测机床是否发生超行程，并且会在 VERICUT 日志中列出仿真加工中出现的超行程错误。通过“轴优先”选项卡可以设置快速运动时机床各运动轴的运动模式。

### 3 VERICUT 机床加工仿真过程

以加工 H13 钢轮毂模具为例来介绍 VERICUT 加工仿真过程。

#### 3.1 调入工件和毛坯

简单形状的毛坯可以在 VERICUT 中建立，而复杂形状的毛坯以及工件都需要在 CAD 软件中建立。在 CAD 软件中建立好毛坯和工件的三维模型之后要导出 STL 格式的文件，然后导入到 VERICUT 中。

#### 3.2 输入 NC 程序

加工 H13 钢轮毂模具要在 NX 中完成数控加工，生成刀位数据。通过 NX Post 生成 NC 文件，输入到 VERICUT 中。

完成以上工作之后要设定加工坐标系和工作偏置，然后即可进行仿真。通过仿真可及时发现程序的错误并进行修正。轮毂模具的仿真加工如图 9 所示。

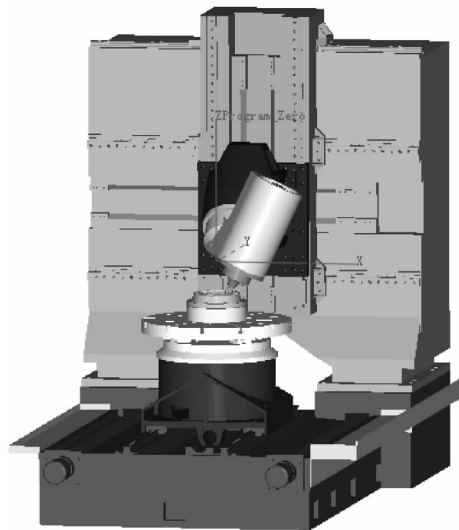


图 9 轮毂模具数控加工仿真

### 4 结束语

为了提高立式铣车复合加工中心 VMT100 的数控编程效率和加工质量、减少试切并降低生产成本，结合 VMT100 的结构和功能，在 VERICUT 中建立了该加工中心的专用仿真平台。在产品的研发过程中，可通过该仿真平台的仿真验证 NC 程序的正确性、检查潜在加工的碰撞错误并计算加工时间，为产品的现场加工提供技术支持。

#### 参考文献：

- [1] 杨胜群. VERICUT 数控加工仿真技术 [M]. 北京: 清华大学出版社 2010.
- [2] 雷保珍, 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.
- [3] 魏娟, 肖云娜. 基于 VERICUT 数控机床仿真系统的建立与应用 [J]. 机床与液压, 2007, 35 (11): 141 - 142, 145.
- [4] 陈波, 赵福令. 基于 VERICUT 的数控加工过程仿真技术 [J]. 机械设计与制造, 2006, 44 (6): 58 - 60.
- [5] 徐刚. 基于 VERICUT 的多轴机床加工仿真研究 [J]. 制造技术与机床, 2011, 61 (2): 33 - 36.
- [6] ZHANG B, MAIJER D M, COCKCROFT S L. Development of a 3-D Thermal Model of the Low-pressure Die-cast (LPDC) Process of A356 Aluminum Alloy Wheels [J]. Materials Science and Engineering A, 2007, 464 (1/2): 295 - 305.