

基于 VERICUT 的数控机床虚拟仿真系统构建及应用

撰文 / 陕西国防工业职业技术学院 曹旭妍

进行多轴加工时，NC 程序正确性无法通过人力来识别。试件加工中 NC 程序的正确性对机床安全有重要影响。基于 VERICUT 平台，构建数控机床虚拟仿真系统，对样件进行仿真加工，能直观、快速地观察加工过程，检查加工中可能出现的碰撞、干涉等危险情况，验证 NC 的正确性，提高样件实际加工的效率，同时保障了机床的安全、高效应用。

一、引言

多轴数控机床结构复杂，运动多样，是加工复杂零件、异形零件的重要工具。随着国内加工制造技术的不断发展与升级，多轴机床得到越来越多的应用。然而，复杂零件 NC

程序的正确性制约了该类机床的高效应用。如何有效地对 NC 程序的正确性进行快速、准确的检验对提高机床的实用效率具有重要意义。应用虚拟仿真技术能够快速、准确的对工件进行仿真加工，验证 NC 程序的正确性，同时能够预先

方法，在每个分析步内传递数据，结构在气流压力作用下变形，而流场又直接受到结构变化的影响，因此采用流固耦合方法进行发动机进气管路的强度分析更加接近实际工况，而且得到的数据也更加准确和精确。

流固耦合计算与均布载荷计算的结果对比如表 2 所示，以均布载荷计算结果为基准值，可以看到，两种分析方法的计算结果非常相近，对比值均在 1% 以内，且流固耦合方法结果偏小。本文研究的管道模型变形量较小，因此流固耦合方法的计算结果没有产生太大变化。

表 2 流固耦合与均布载荷计算结果对比

项目		应力 1/ MPa	应力 2/ MPa	位移 1/ mm	位移 2/ mm	位移 3/ mm
均布载荷计算	数值	13.17	11.05	4.324	4.247	3.776
	对比	-0.91%	-0.36%	-0.32%	-0.35%	-0.13%
流固耦合	数值	13.05	11.01	4.310	4.232	3.771
	对比	-0.91%	-0.36%	-0.32%	-0.35%	-0.13%

四、结语

(1) 本文联合 Abaqus 和 CFD 分析软件，针对某重型

商用车发动机进气管路进行了强度分析方法的研究，主要进行了极限工况下模型真空试验、施加均布载荷强度分析和流固耦合分析，通过对强度与刚度计算结果分析研究各计算方法的特点及优劣性。

(2) 通过数据对比分析显示，在极限工况下，仿真结果较试验值偏小，台架试验模型存在加工工艺缺陷和人为试验误差，而仿真模型更加理想化，故仿真强度分析可作为模拟台架试验的手段。

(3) 流固耦合分析方法结合 Abaqus 和 CFD 软件，能够模拟并直观地观察气流在管道内的真实流动状态，模拟气流的冲击、漩涡、螺旋及局部回流现象和流体的速度变化以及管道内表面的压力变化，同时在每个分析步内传递数据，结构在气流压力作用下变形，而流场又直接受到结构变化的影响，相比于均布载荷分析更接近发动机进气管路的实际工作工况，得到的数据也更加准确和精确。

(4) 流固耦合分析方法可以作为发动机进气管路强度分析的一种重要手段。IM

知道加工中可能出现的干涉、碰撞等危险情况,对 NC 程序的识错、改进具有重要作用。本文以 DMC70ev 数控机床为原型,研究了该机床的结构及运动特点,在 VERICUT 中构建其虚拟仿真加工系统,并对一液压壳体零件进行仿真加工,验证了 NC 程序的正确性,为同类机床的虚拟模型构建提供一定参考。

二. 构建机床虚拟仿真系统

虚拟仿真系统其实质就是将实际机床在虚拟计算机环境中的完全映射,通过对机床的运动、结构等相关信息进行分析,在虚拟环境中构建机床的三维实体,同时对其赋予特定的运动特性,使其达到与实际机床一致的加功功能,满足仿真加工的要求。

1. 创建虚拟仿真系统

在 VERICUT 中创建虚拟仿真系统,流程图如图 1 所示。

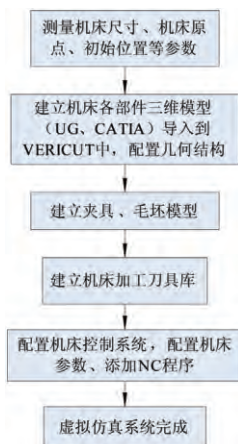


图 1 虚拟仿真系统建立流程

2. 机床模型建立

DMC70ev 机床为典型的五轴机床,其运动轴包括 X 、 Y 和 Z 三个线性轴。此外,还包含 b 、 c 两个旋转轴。通过测量工具对机床各个运动部件的尺寸进行测量,同时测量机床初始状态下各部件的位置及其相对尺寸,为三维模型的创建提供原始数据。

构建机床模型,不仅包含了各结构部件的三维形体,同时还要对其赋予相应的运动关系,使其按照要求的逻辑关系来运动。VERICUT 中运动关系是通过机床运动树来实现的,根据实际机床的运动逻辑,在运动树中添加:机架— Y — A —夹具—工件;机架— X — Z —主轴—刀具运动链,如图 2 所示。

将各部件的三维模型导入机床运动树中的相应位置,完成机床三维模型的建立。

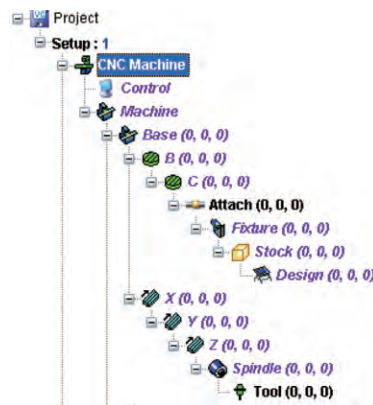


图 2 机床运动树

3. 建立刀具库

刀具的建立必须与实际加工中使用到的刀具保持一致,否则可能造成仿真中不出现问题,而实际应用中出现碰撞等危险情况。VERICUT 中建立刀具可通过两种方式。直接建立,VERICUT 中提供了丰富的刀具设计样本,根据刀具的具体特征及参数,选择所需结构及尺寸即可生成刀柄、刀片。通过 UG、CATIA 等三维软件建立,在三维软件中,根据刀具、刀柄尺寸,建立相应的三维模型,将其保存为 STL 格式文件,导入 VERICUT 刀具管理库中。

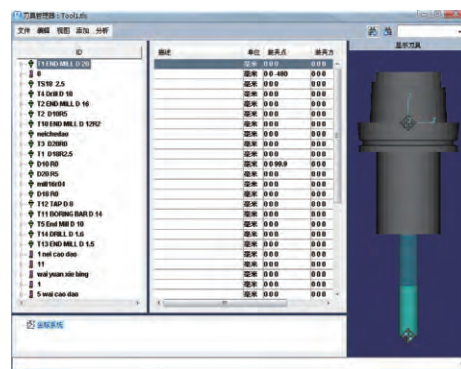


图 3 数控加工刀具库

4. 配置控制系统及机床参数设置

VERICUT 系统库中提供了丰富的控制系统可供选择,本文中机床的控制系统为 Millplus IT V530,系统库中并没有该控制系统,因此需专门进行定制。根据机床手册中给定的机床控制代码及其功能,配置相应的控制代码及功能,实现与实际机床相同的控制指令开发。

为确保仿真加工的顺利进行，还需进行机床参数的正确设置。虚拟仿真系统中要对机床行程、碰撞检测、换刀点、G 代码偏置等参数进行设置。只有机床参数设置正确，当仿真中出现碰撞、超程等情况时，系统才会及时、准确的进行提示，因此该项对于虚拟系统的可靠性和准确性具有重要意义。根据实际参数完成设置后，仿真系统构建完成，如图 4 所示。

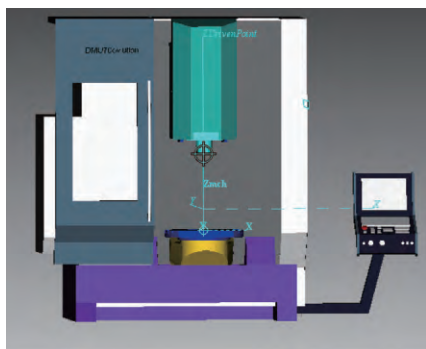


图 4 虚拟仿真系统

三、仿真加工

1. NC 程序生成

在三维软件 CATIA 中建立液压壳体零件的三维模型，对工件进行工艺处理，生成刀具轨迹。目前大多数机床仅能识别 NC 程序，因此要将刀位文件转化为机床能直接识别的 NC 程序，实现加工。CATIA 本身提供了强大的后置处理模块，能够将刀位文件直接处理并生成 NC 程序，但该模块也有其局限性，即仅能对三轴以下的运动进行处理，四轴及以上的多轴联动运动轨迹则无法进行后置处理。本文为了最大限度的测试虚拟系统的加工功能，选择了具“3+2”定轴加工特征的工件，因此直接用 CATIA 后置处理模块无法实现 NC 程序的生成。基于此，通过 IMSPOST 通用后置处理平台，开发专用于该机床的后置处理器 V530-POST，对液压壳体零件的工艺文件进行后置处理，生成满足机床加工要求的 NC 程序。

2. 虚拟仿真加工

将生成的 NC 程序加载到虚拟仿真系统中，添加设计好的毛坯、工件三维模型文件，检查好机床的参数等无问题后即可进行仿真加工，如图 5 所示

仿真加工过程中，当出现干涉、碰撞、超程等问题时，

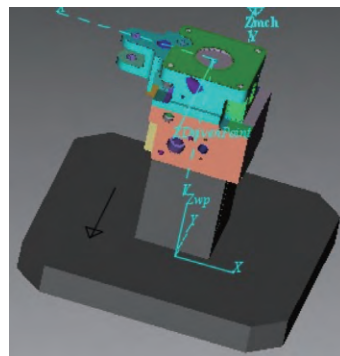


图 5 仿真加工

系统中会有相应的提示信息，操作人员可根据信息提示，查找存在问题的程序段，进而分析问题所在并进行处理，排除工艺以及加工中可能存在的错误。

3. 仿真结果分析

仿真加工结束后，通过自动比较模块，对加工结果进行对比，可以检测出加工中过切、欠切的部分（红色区域为过切、蓝色为欠切），同时可以对加工结果进行测量，预测加工结果，如图 6 所示。

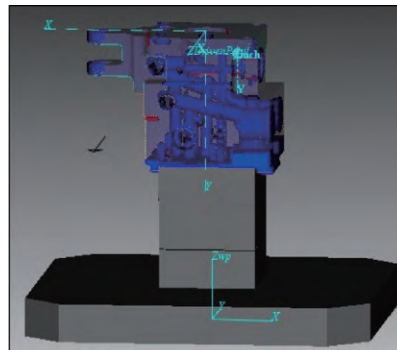


图 6 虚拟仿真加工结果检测

四、总结

本文针对多轴机床进行试件加工时 NC 程序正确性难以检测的问题，基于仿真技术，以 DMC70ev 机床为原型，通过在计算机中建立机床虚拟仿真系统，并以一液压壳体零件为加工样件，对其进行仿真加工，验证了 NC 程序的正确性。结果表明：基于 VERICUT 构建的虚拟仿真系统能够正确的进行工件的仿真加工，加工中可能存在的碰撞、干涉等情况能够有效进行识别，对实际加工中机床的安全保护提供有效保障，同时对试件加工的效率有显著提高，促进新产品的开发进程。IM