

数控加工仿真软件的应用及发展趋势

Application and Development Tendencies of NC Machining Simulation Software

北京航空制造工程研究所 王文理

[摘要] 分析总结了数控加工仿真软件的作用、种类,讨论了数控加工仿真的典型流程及关键技术、数控加工仿真技术的发展趋势,并举例分析了数控加工仿真在大型航空结构件数控加工中的重要作用。

关键词: 数控加工 加工仿真软件 数控程序仿真

[ABSTRACT] The effect and category of NC machining simulation software are analyzed and summed up. The typical work flow of NC program verifying, the development trendence of NC machining simulation software are discussed, and an example of the important effect of the NC machining simulation verify software used in NC machining for large aircraft structure part is analyzed.

Keywords: NC machining Machining simulation software NC program simulation

数控加工仿真技术是一种快捷有效的数控程序检验途径。随着航空结构件的复杂程度越来越高,数控程序的数量和复杂程度也急剧上升,在国内航空企业大型复杂零件的数控加工程序验证及工艺验证中,数控加工仿真系统起到了重要作用,极大地缩短了数控程序试切时间,提高了数控程序的可靠性。

1 数控加工仿真软件的种类及用途

数控加工仿真软件是在计算机上构建部分或全部加工环境,模拟仿真加工工艺过程,实现可视化数控程序运行、验证、分析、优化的过程。各仿真软件的功能有所不同,总体来说数控加工仿真软件可归为以下几类。

① 加工过程的几何仿真。此类仿真软件是目前应用最广泛且效果最好的,且实现了商品化。它利用计算机技术对加工过程进行动态模拟仿真,模拟数控机床各坐标轴的运动、刀具运动轨迹和刀具对毛坯的切削过程,最终得到仿真加工完成后零件的三维实体模型。

几何仿真不仅能够校验数控程序的正确性和切削参数的合理性、评估数控切削加工效果、验证后置处理

程序,而且还可以发现刀具与工件、夹具、机床之间的干涉和碰撞,判断工艺的合理性,实现在无真实加工环境下评估数控加工程序和工艺过程的目的,同时也能观察到加工过程中的冗余动作或不合理动作,有助于优化数控程序、节省程序调试时间、减少或替代试切过程、减少毛坯材料,缩短机床加工时间,对降低加工成本、提高数控加工效率有很大的帮助。

② 加工过程中的物理仿真。对切削过程中的振动、切削力、刀具磨损、切屑形成、工件变形、切削温度、材料性能等方面的仿真属于物理仿真,通常采用有限元分析技术。

③ 数控机床操作过程教学演示类仿真。国内开发的一些加工仿真软件,具有真实感的三维数控机床和操作面板,可以实现对数控铣和数控车加工全过程的仿真,其中包括毛坯定义与夹具,刀具定义与选用,零件基准测量和设置,数控程序输入、编辑和调试,加工仿真以及各种错误的检测功能,用于产品演示、培训,可用“虚拟设备”来增加员工的操作熟练程度。

2 数控加工仿真典型流程及关键技术

在生产实践中目前应用最广泛的是数控加工几何仿真,图1是完整的数控加工几何仿真的流程图。在实际工作中该流程可以根据工作进行简化,例如可以省略机床、控制系统或夹具的构建,只进行没有机床和夹具参与的刀位文件对毛坯的切削仿真,只验证刀位文件的正确性。这种方式的前提是程序员要确信加工过程不存在加工干涉现象、后置处理软件可靠。此种仿真简洁而实用,在工作实践中被大量采用。

构建仿真工艺模型前必须对实际加工环境进行分析归纳,规划出必须构建的工艺模块和可以简化或忽略的不相关或不重要的细节。仿真工艺模型的构建要尽量与实际加工环境相符,构建出的虚拟加工环境要能够正确模拟实际的加工环境。虚拟机床模型要能够准确反映数控机床的结构特点、零部件的几何相对关系,以及数控机床的运动、零部件的相对运动关系。工装模型

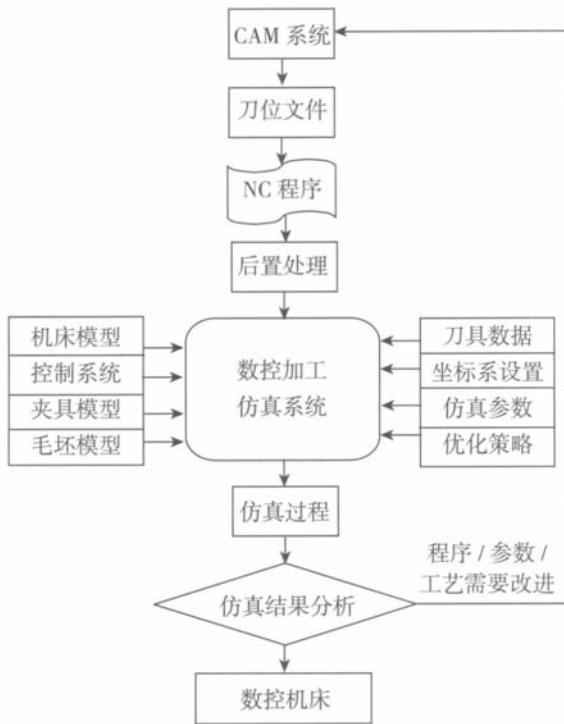


图1 数控加工几何仿真的典型流程

Fig.1 Typical flow of NC machining geometric simulation

的几何形状、装配位置要求与实际工况条件相符，其主要目的是为了能准确检测夹具与刀具、机床之间的干涉和碰撞，检验数控程序对夹具的避让。毛坯模型用于仿真零件的成形过程，以检验刀具的切入、切出的速度与切除量，其几何形状、在加工坐标系中的位置关系要求与实际毛坯尽量一致。仿真系统中的加工坐标系必须与数控程序的坐标系一致，坐标系与毛坯的位置关系要正确、符合工位方向。

3 仿真结果分析

数控切削加工工艺仿真是用计算机技术对加工过程进行的动态模拟仿真，可在计算机上模拟数控机床的运动、刀具运动轨迹和刀具对毛坯的切削过程，直观地在屏幕上看到机床、刀具的运动路径和刀具对毛坯的切削过程的动画，观察加工过程，验证数控切削加工效果，校验数控程序的正确性与切削参数的合理性。数控切削加工仿真的主要目的就是得到了仿真加工后的零件模型(见图2)，通过对模型的分析、尺寸测量、剖面分析、与理论CAD模型进行三维比较检查等操作得到残留、过切的模型(见图3、图4)，在加工前发现数控程序的错误或不足之处，并可定位造成切伤的程序段，以便进

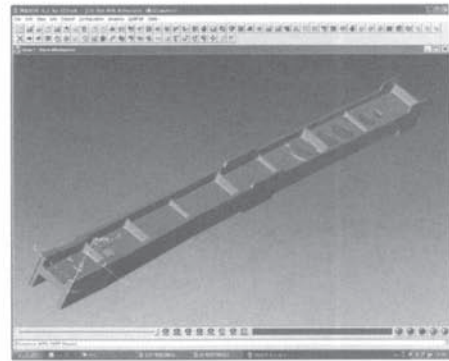


图2 仿真加工得到零件模型

Fig.2 Simulation solid model

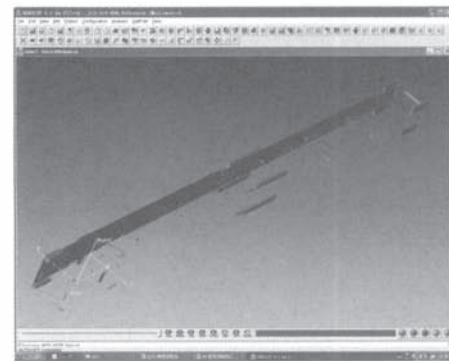


图3 残留部位模型

Fig.3 Excess model

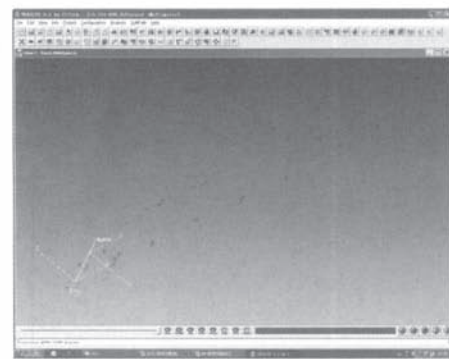


图4 切伤部位模型

Fig.4 Gouge model

行程序和工艺方面的优化改进。例如可以测量仿真数模的厚度尺寸、空间尺寸、角度、体积，可进行理论数模与仿真模型的叠加、剖切等。

4 数控加工仿真技术的发展趋势

① 几何仿真与物理仿真集成。仿真数控加工过程的物理现象(例如切削过程中产生的振动、切削力、刀具

磨损、切屑形成、工件变形、切削温度、残余应力、材料性能等),才能对加工过程进行更真实的预测。物理仿真是一种更深入、更复杂的仿真。几何仿真与物理仿真的结合将是数控加工工艺仿真的发展趋势,只有把切削过程中的物理机理研究透彻,才有可能实现真正意义上的工艺仿真。

② 与 CAM 系统、后置处理系统、程序优化系统集成。为了更全面地参与数控程序从编制到加工的全过程,数控加工仿真软件与 CAM 系统、后置处理系统及程序优化系统更紧密地集成将是其发展的趋势。CAM 软件具有相对简单的程序验证功能,现在大型的 CAM 系统的发展趋势是将加工仿真模块集成在 CAM 系统中,在数控程序编制后立即仿真。加工仿真软件与各种 CAM 系统的接口及兼容性不断增强,能够导入各种 CAM 系统生成的数控程序,也可以导入手工编制的文本格式数控程序,支持 G 代码和 APT 格式的刀轨文件。加工仿真与后置处理的集成,可使数控程序后置处理和加工仿真同步完成,满足不同用户的不同需求。

程序优化功能集成在仿真系统中也是仿真软件的一个重要发展趋势。数控程序在经过仿真验证后,就需要进行程序优化工作。因为优化之后还要进行仿真,所以这 2 项工作交替进行。程序优化功能可以根据切削情况和刀具性能自动分配最佳的进给速度:当要切削的材料减少时进给速度就提高;当切削刀具遇到更多的材料时进给速度就会下降,或通过调整切削宽度和切削深度来保持刀具恒定的切除率。程序的优化功能可明显提高加工效率,或改进加工零件表面的质量。

③ 仿真系统支持的加工类型不断增加。仿真软件一般都能支持三轴铣削、钻削、车削、线切割、电火花加工,而仿真系统的发展趋势是所支持的加工类型不断增加,例如高速铣削、五轴铣削、并联机床多轴铣削、车铣复合、多电极加工、多轴磨削、模拟机床探测头等,某些专用机床及空间 NURBS 曲线插补的仿真也将得到发展。

数控程序的指令十分复杂(例如西门子 840D 数控系统的程序指令有数百个),加工仿真软件要想真正解析仿真所有的数控程序指令还有很长的路要走。随着数控机床的功能和加工工艺的不断发展,仿真系统的功能也将不断加强。

5 结束语

某大型钛合金飞机承力框,数控加工工时长达 2 000 多 h,数控程序多达上千条,没有试切材料和试切周期,

最终精度全由数控加工来保证,不允许出现任何质量问题,数控加工的压力和风险极大。研究采取了多种工艺措施来保证加工质量,其中数控加工仿真软件起到了最重要的作用。通过对数控程序进行数十次模拟仿真切削验证、比较切削模型与设计模型等一系列技术手段,在加工前发现了程序几十处小错误,最终保证了程序的正确性,确保了零件一次加工合格。

数控加工仿真和优化软件,基本取代了传统的切削试验方式,通过模拟仿真整个机床加工过程、校验加工程序的正确性,对发现程序错误和改进加工工艺有很大帮助。提高加工仿真软件的应用技术水平将对我国航空结构件数控加工质量和效率的提高有很大帮助。

(责编 小颖)

(上接第 97 页)

轴加工指令的影响,无法完成正常换刀。如果工艺人员在设计加工程序时对五轴加工指令考虑不周,就会出现换刀故障。工艺人员可以通过改进加工程序的方法来避免故障的发生,但为了方便用户的使用,防止工艺人员设计失误,本课题在换刀程序中增加了对五轴加工指令的安全冗余设计,来保证现场工作的安全高效。

以使用刀尖编程指令 TRAORI 为例,如果在换刀时没有取消 TRAORI 功能,则会出现机床无法到达换刀位等故障。因此,设计换刀程序时,首先应取消 TRAORI 功能,并将 TRAORI 对应的系统通道参数(Transformation active[3])赋值到变量 \$a_in[2] 中,再通过该变量判断是否在换刀完成后执行 TRAORI,程序如下:

```
%_N_TM_SPF
TRAFOOF ;Cancel Transformation
If $a_in[2]<>0 gotof TRA ;Active Transformation
...
TRA:
TRAORI ;Active Transformation
M17
```

通过上述设计,机床在实际使用过程中避免了五轴加工指令对换刀动作的影响,提高了机床换刀安全性。

3 结论

① 利用 NC 换刀程序与 MGUD 变量的交互实现了换刀点坐标的安全设定,方便了机床维护人员的检修。

② 利用 MGUD 变量实现了换刀状态的实时监控。

③ 利用通道参数和冗余设计实现了五轴加工指令状态下的安全换刀。

(责编 玉龙)