

[PLM]

NCSIMUL 在航空薄壁零件加工中的应用



NCSIMUL 作为制造业的软件解决方案，为数控加工提供了虚拟仿真平台，对于提升数控加工效率具有重要的作用。未来，该虚拟制造技术将应用于更广泛的领域。

文 / 法国施柏瑞科技股份有限公司中国区代表处

数控加工仿真是数控技术、仿真技术与虚拟现实技术等先进技术的交叉应用。在加工仿真领域，数控加工仿真既是目前理论研究的热点，又是制造业应用的重点。

法国 SPRING Technologies 公司开发的 NCSIMUL 软件是世界上应用最广泛的专业数控加工仿真系统，具有强大的 3D 加工仿真、验证、优化等功能。2010 年推出的最新版本 8.8 版为过程仿真提供了强有力的支持。

NCSIMUL 软件目前已广泛应用于汽车制造、航空航天、模具制造等行业，其最大特点是可仿真各种 CNC 系统，能仿真 CAD / CAM 后置处理的 NC 程序，其整个仿真过程包含程序验证、分析、机床仿真、优化和模型输出等。

NCSIMUL 的解决方案以标准形式提供了所有用于仿真数控机床运动状态、执行生产前检验和分析 NC 程序的功能。这些标准功能分为：NC 程序分析；加工仿真；结果输出；程序优化 OPTITOOL。

为了最大限度地减少用户用于验证 NC 程序的时间，NCSIMUL 被设计用于分析经过后置处理或手

工编制的 NC 程序。为了广泛满足工业界的需要，NCSIMUL 支持结构化的程序（客户编制的子程序）以及使用系统变量、循环、宏程序等。在 NCSIMUL 的帮助下，没有必要因为确定某些程序问题而对工件加工进行仿真。从加工任务的上载起，NCSIMUL 可提供以下功能。

(1) **刀具轨迹显示。**用户可自行设定刀具轨迹显示，允许进行可视化的分析，用于排除明显碰撞或可能的加工原点错误。

(2) **错误报告。**在实际加工过程仿真之前，NCSIMUL 也可检测到所有语法类型的错误。

(3) **动态链接的窗口。**所有的加工信息、3D 视窗、程序窗口等被紧密地链接。任何信息的改变都将被动态更新，因此程序员可凭借远超过真实数控机床上的交互性对 NC 程序进行分析。

(4) **刀具序列的循环时间。**从程序被上载起，NCSIMUL 将以表格的形式显示详细的报告，包括每个刀具和每个运动类型的不同时间（快速运动时间、实际加工时间以及总时间等）。NCSIMUL 为每个轴计算进给速度、转速、加速度，

这会在加工之前使操作人员获得对加工循环时间的精确估计。

(5) **集成化编辑器下的交互式程序修改。**NCSIMUL 的集成化程序编辑器可及时修正检查到的错误或对程序的即时修改进行测试。

加工仿真

NCSIMUL 支持复杂运动仿真，基于 25 年的研发成果，NCSIMUL 能够对任何加工中心或多通道铣削加工进行仿真，并无任何轴数目的限制。NCSIMUL 以标准形式支持所有机床环境元素（如机床控制面板、传送装置、回转头等）。NCSIMUL 被很多知名的大企业所采用，因为它具有能够处理并联机构的能力，尤其是机器人、TRICEPT 机床等。

而且接近真实环境的仿真，基于创新的技术，NCSIMUL 能够在仿真机床运动的同时去除仿真材料。其具有的 3D OpenGL 技术能够在不中断仿真过程和不影响仿真性能的情况下轻松进行 3D 操作（缩放、旋转和平移），或者在多个视窗中动态切换。在任何时候，都可以自动（如每次报警、换刀等）或手动中断仿真，以查看被加工工件。

进行探测工作，NCSIMUL 以标准形式管理所有的探测工作周期。在工件探测中获取原点，不对中补偿，测量；在刀具探测中：机械或激光。

进行加工事故的检测，在仿真过程中，可以设置对所有类型的碰撞和切削事故（刀具不匹配、主轴停转、刀具在加工工件中的快速移动等）进行检测报警，并在 3D 视窗中以红色显示报警区域。另外，还可以对刀具相对于夹具的伸出长度进行优化。

基于 NCSIMUL 的优化设计，

是指通过 NCSIMUL 的优化模块 OPTITOOL 重新计算进给速度或主轴转速产生一个优化的刀具加工轨迹文件。优化刀具轨迹并不改变刀具加工的路线,而是确保所产生的优化轨迹文件拥有最佳的进给速度或主轴转速,这样会在最少的时间里生产出高质量的产品。通过选择毛坯和刀具的材料,由 OPTITOOL 后台的 TMP(刀具材料对)数据库对进给速度和主轴转速做最优分析,给加工者提供切削参数的设置指导。TMP 数据库是 SPRING Technologies 给用户提供的 NC 加工解决方案的 20 多年中积累的宝贵经验。

发动机整体叶轮加工实例

首先以某航空发动机制造企业叶轮的加工为例,介绍基于 NCSIMUL8.7 环境的加工仿真过程。整体叶轮作为发动机的关键薄壁类部件,对发动机的性能影响很大,它的加工成为提高发动机性能的一个关键环节,其质量直接影响其空气动力性能和机械效率。但是由于整体叶轮结构的复杂性,其数控加工技术一直是制造行业的难点。

此型发动机叶轮结构复杂,精度要求很高,采用配置西门子 SINUMERIK 840D 数控系统、瑞士斯达拉格海科特 (StarragHeckert) 产的型号为 STC1250 的带 A 摆轴、B 旋转工作台的卧式 5 轴铣加工中心进行加工。

该叶轮所采取的加工策略为,采用 3+2 定位 5 轴加工,尽量减少联动轴数,提高加工的稳定性。采用 3D 区域清除策略,粗加工留余量 0.5 mm,下切为 3 mm,主轴转速 8000 r/min,进给速度为 1200 mm/min。采用赛车道加工,光顺余量,下切方式为螺旋,充

分发挥高速加工的效率。也可考虑采用 5 轴联动方式加工,好处是可以给后续的加工留下更均匀的余量,缺点是联动时切削不如定位五轴稳定。

当采取 5 轴联动加工时,在加工过程中机床、刀具、夹具、毛坯等之间发生碰撞干涉的可能性会更大,所以在加工之前利用 NCSIMUL 进行仿真就更加有必要了。

在 NCSIMUL8.7 中建立该叶轮加工仿真,首先开始新建一个工作任务,在此任务中可添加仿真所必需的所有元素,如机床、控制器、夹具、刀具库、毛坯、程序等等。然后,进行虚拟数控机床建模,在 NCSIMUL 中,使用 NCMOTION 模块来构建机床的运动学模型。其次,指定机床控制系统文件,调用 NCSIMUL 8.7 中已集成的西门子 SINUMERIK 840D 系统。

NCSIMUL 软件本身提供了近百个数控系统文件,包括了从两坐标到五坐标、从 FANUC、HEIDENHAIN 到 SIEMENS 的各种数控系统,完全可以满足实际应用的需要。然后进行刀具库建模,定义加工该叶轮所需的所有刀具,类型可包括铣刀、车刀、镗刀、螺纹铣刀和探头等,对于结构复杂的刀具,NCSIMUL 还提供了 NCProfile 模块来进行任意形状刀具的定制。最后几步就是工件毛坯和夹具建模、选择用于该叶轮加工的 NC 程序以及根据 NCSIMUL 提供的初始化功能添加一些地板、灯光等辅助选项。最后开始进行仿真。

这种在航空制造领域中的典型薄壁类零件,都是在 5 轴加工中心上进行加工,5 个轴同时参与加工运动时所合成的运动,对于一般的编程人员是很难确定的,但是

NCSIMUL 机床仿真软件就很好地解决了这个问题。特别是对于做 5 轴联动机床的后置处理程序是一个难点,而如果有机床仿真,就能很好地验证后置处理程序,避免了直接在机床上验证后置处理程序,从而节约了财力、人力和工时。对于 5 轴联动的数控加工程序,通过仿真能成功避免因 5 轴联动的各轴运动优先级不同而引起的碰伤工件情况。

同时应该在整个加工过程中贯穿程序优化的思想,对于粗加工,目的是尽快去掉多余的材料,优化能使得在不断变化的切削条件下,保证刀具以最大安全速度切入材料。对于半精加工和精加工,经过粗加工后,切削抗力很大,优化技术会考虑刀具在何处切入材料,从而调节进给率以维持稳定的切削抗力,这将延长刀具寿命并得到更高的表面质量。对于高速加工,刀具切入材料的方式至关重要。进给率太低会产生磕碰声、振动和工件硬化,这将导致表面粗糙度降低,刀具过早损坏。切削抗力过高会造成切削压力过大及不良的切削条件,从而引起刀具、主轴、夹具或机床的损坏。调节进给率能保持稳定的切削抗力或体积切削率。

综上所述,运用 NCSIMUL 软件对数控加工进行仿真,验证了其在实际应用中的可行性,解决了数控编程和实际制造加工过程中的过切、欠切,以及刀具、工件与机床部件和工夹具的碰撞问题,降低了材料消耗和生产成本,提高了工作效率。作为今后的一个重要发展方向,数控加工仿真可进一步提高仿真精度和效率,并有利于实现制造系统的集成,将为我国制造业的信息化起到很大的推动作用。[MM]