

# 基于 VERICUT 的数控铣床仿真与优化

## Simulation and Optimization of CNC Milling Machine Based on VERICUT

南昌航空大学 黄政 陈为国

**[摘要]** 利用 UG 的建模功能构建 XKA714 机床几何模型,基于 VERICUT 软件与机床实际结构及其运动关系建立其虚拟的仿真系统,并以此虚拟机床环境对某零件进行加工仿真,对其刀位轨迹进行优化,获得优化的数控程序。然后进入现实机床进行实际加工,验证所构建虚拟仿真系统的正确性与可行性。虚拟仿真与实际加工结果表明,虚拟仿真加工对提高零件加工效率和加工质量,降低加工成本具有积极的作用。

**关键词:** VERICUT 数控铣床 建模 仿真 优化

**[ABSTRACT]** UG Modeling function is used to build the XKA714 machine tool geometric model. Based on VERICUT and the actual machine tool structure and movement relations, the virtual simulation system is set up. This virtual machine is used to simulate a part, and optimize the tool path, get the optimized CNC program. Then the practical processing is done on the actual machine to verify the correctness and feasibility of the virtual simulation system. Virtual simulation and the actual processing results show that the virtual simulation machining has a positive effect to improve processing efficiency and quality of parts, and reduce the processing costs.

**Keywords:** VERICUT CNC milling Modeling Simulation Optimization

DOI:10.16080/j.issn1671-833x.2015.15.042

随着制造技术水平的不断提高,加工零件的结构越来越复杂,对产品精度的要求也越来越高<sup>[1]</sup>。如何有效地验证数控加工程序的正确性和合理性,避免切削过程中的过切、欠切、碰撞和超行程等问题显得越来越重要。

针对这些问题,笔者尝试采用仿真软件建立一个虚拟的加工环境,对加工过程进行仿真和校验,从而提前发现实际加工中存在的问题,然后对其进行修改,对产品质量进行评估。在不消耗材料,不占用机床的情况下,采用构建的虚拟机床对其进行仿真加工,从而得到合理、优化的数控程序,进而缩短零件的加工时间,降低加工成本,提高加工效率<sup>[2]</sup>。为此,本文以 XKA714 铣床为对象,采用 UG 和 VERICUT 构建机床模型,然后对零

件进行仿真加工,并对其加工进行优化。

### 1 VERICUT 的仿真加工过程

采用 VERICUT 进行仿真加工,其过程一般包括机床环境的构建、定义控制系统、构建刀具库、对工件和毛坯及夹具进行建模、参数设置、导入数控程序、仿真加工和仿真结果的分析与优化。

采用 VERICUT 进行仿真加工,其过程如图 1 所示,其中重点是机床模型的建立和数控程序的生成及优化。在仿真过程中必须保证在三维编程软件中所用的刀具与 VERICUT 中的刀具完全一致,加工坐标系要相同,以确保生成的数控程序能正常加工。

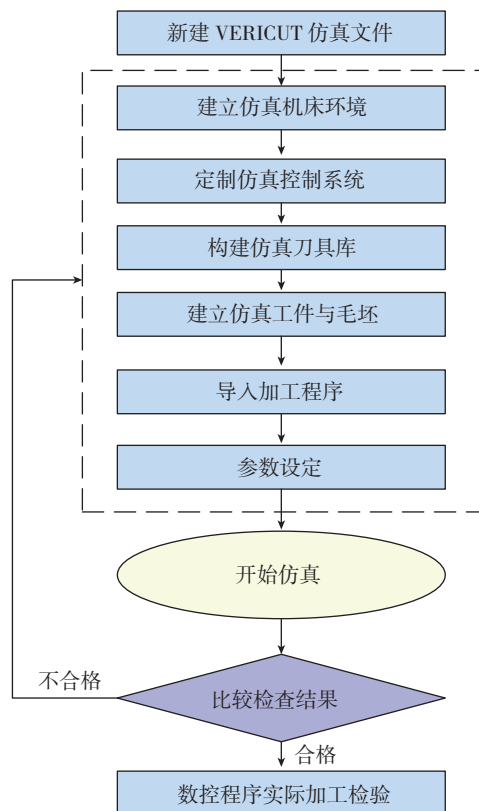


图1 VERICUT 仿真加工流程

Fig.1 VERICUT simulation process

### 2 建立 XKA714 铣床模型

在 VERICUT 中构建机床的过程就是将数控机床实

体按照运动逻辑关系进行分解,并为各部件建立几何模型,然后按照他们之间的逻辑结构关系进行“装配”。

基于 UG 和 VERICUT 构建 XKA714 铣床步骤<sup>[3-4]</sup>:

(1) 建立机床模型。在进行机床模型构建时要弄清楚机床的传动链,通过对机床的分析可知该机床的传动链如图 2 所示。按照该传动链建立组件树,如图 3 所示。然后利用 UG 进行部件几何模型的建立,将其导入到组件树中,按照其在机床上的位置关系进行定位,完成机床模型的构建。

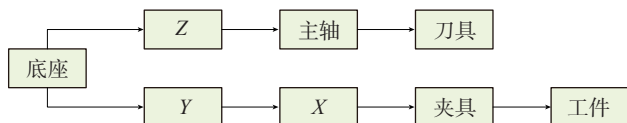


图2 XKA714铣床传动链图

Fig.2 Milling machine transmission chain of XKA714

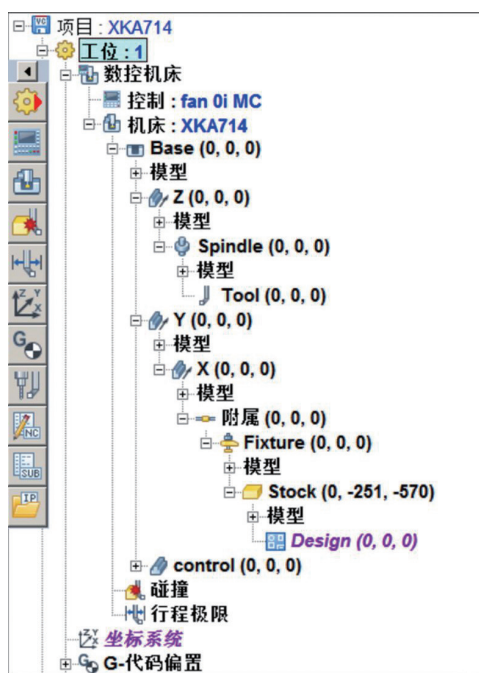


图3 机床组件树

Fig.3 Component tree of machine

(2) 定义控制系统。机床模型构建好后,需要对其控制系统进行定义。VERICUT 自身有 73 种数控机床控制系统文件,需要时可以直接调用,如果没有适用的控制系统,可以自行定制。本文选用软件自带的“fan 2lim.ctl”文件,在此基础上进行修改。对比 FANUC 0i MC 和 FANUC 2lim 操作说明书,发现其中有部分编程指令存在差异,对他们进行修改,以保证 FANUC 0i MC 系统的功能要求。

(3) 夹具、毛坯和工件的建模。进行夹具建模主要是为了在加工过程中进行夹具与机床上的其他部件之间的干涉和碰撞检查。本文在 UG 中对夹具、毛坯和工

件进行建模,再以 STL 格式导入到 VERICUT 中。

(4) 建立刀具库。在 VERICUT 中可建立铣削刀具、车削刀具和螺纹刀具等。对于较为复杂的刀具部件(如刀柄等),还可以从外部导入。本文直接在 VERICUT 中进行刀具的创建。

(5) 机床参数设置。机床构建好后,需要对机床参数进行设置,如机床干涉检查、机床初始化位置、机床行程置、工件编程原点和机床原点等设置。

图 4 所示为构建的 XKA714 机床几何模型。

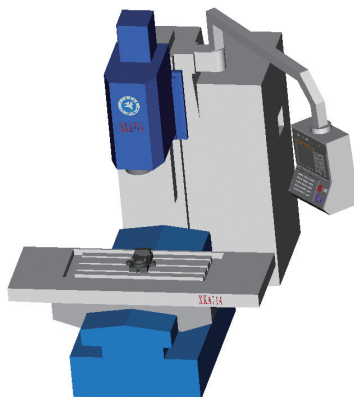


图4 XKA714机床几何模型

Fig.4 Virtual model of XKA714

### 3 虚拟仿真加工与优化

本文加工的零件为数控大赛中的旋钮零件,其三维模型如图 5 所示。对该模型进行工艺分析,其加工方案如表 1 所示。利用 UG/Post Builder 建立 XKA714 专用后置处理器(本文未与讨论),生成数控加工程序。

#### 3.1 仿真加工与过切、欠切检查

调入经过后处理生成的数控程序,对零件进行仿真加工,仿真加工过程如图 6 所示,加工完成的工件如图 7 所示。

在仿真加工过程中,可以清晰、动态地观察到刀具的走刀路径。利用 VERICUT 的 AUTO-DIFF 模块,进行过切与欠切的检查。将仿真加工的模型与设计模型进行比较,将其中的过切部分和欠切部分用已选定的颜

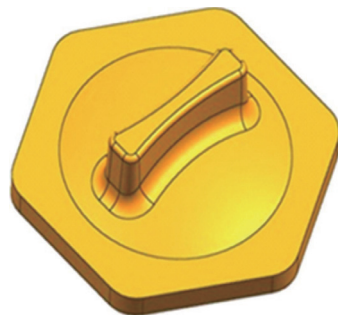


图5 零件三维模型

Fig.5 3D model of part

表1 加工方案

方法	刀具	刀具直径 /mm	余量 /mm
粗加工	D16	16	0.4
平面精加工	D16	16	0
球面镜加工	R3	6	0
把手精加工	R3	6	0
圆角精加工	R3	6	0
底面加工	D16	16	0

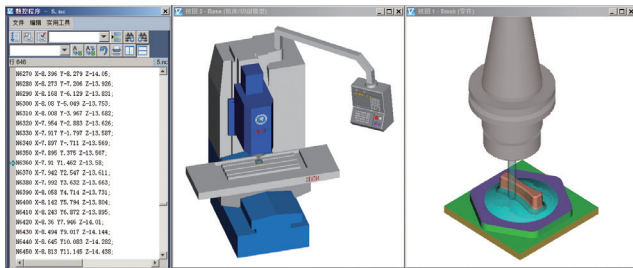


图6 零件仿真加工过程

Fig.6 Process simulation of part

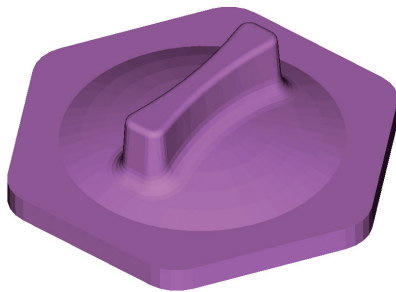


图7 仿真加工后的工件

Fig.7 Simulation of workpieces

色显示出来。此处,将仿真公差设定为0.1mm,经过多次仿真和修改,确认不存在过切和欠切现象,图8所示为生成的比较报告。欠切与过切检查表明加工结果可达到所需的精度要求。通过仿真加工验证可减少零件的试切次数。

### 3.2 数控程序的优化

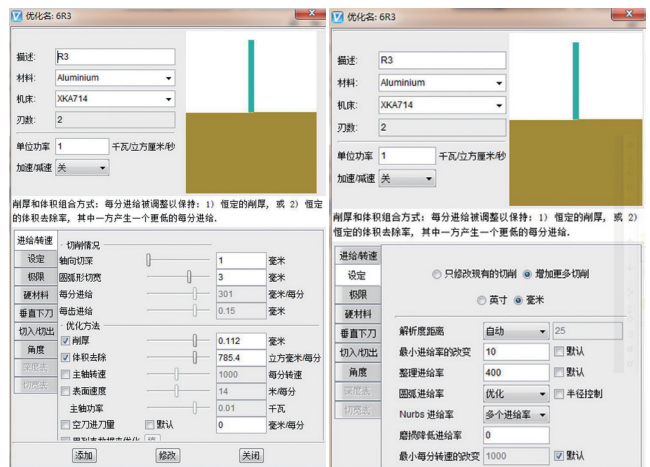
VERICUT 优化是模拟实际切削条件,根据每部分切削材料量的不同和当前所使用的刀具,计算每步程序的切削量,再和切削参数经验值或刀具厂商推荐的刀具切削参数进行比较。经计算分析,当余量大时,VERICUT 降低进给速度;余量小时,提高进给速度,进而修改程序,插入新的进给速度,为每种切削条件指定最佳进给率,最终创建出安全、高效的数控程序<sup>[5]</sup>。优化后的程序进给率得到提高,其加工路径均与原来的路径相同,可为一系列预先设定好的加工条件输入理想的进给率。



图8 自动比较的最终检查报告

Fig.8 Final inspection report of Automatic compare

利用 VERICUT 提供的 OptiPath 模块,对刀具轨迹进行优化。根据选用的机床数据和对零件的工艺分析,对优化刀具库中的参数进行设置<sup>[6]</sup>,以 R3 的刀具为例设置完成的刀具优化库如图9所示。



(a) 进给 / 转速设置

(b) 其他设置

图9 刀具优化库设置

Fig.9 Set cutter to optimize library

仿真结束后 VERICUT 会自动产生 1 个优化刀具轨迹库,优化前后的数控程序可以通过主菜单中的“优化→比较文件”命令进行查看,图10所示是粗加工程序,左侧为优化前的程序,右侧为优化后的程序。

对比优化前后的数控程序,可以发现优化前程序中的进给速度是固定不变的,优化后的进给速度是不断变化的。而且,优化后的数控程序变长了,由原来的一行代码变为几行代码。这是因为优化刀具轨迹模块在读入数控程序时将刀具轨迹的运动自动划分为若干细小的刀具运动,它根据每段程序的材料去除量,自动为其配置最佳的进给速度,但并没有改变原刀具轨迹路径<sup>[7-8]</sup>。

优化完后可以在 VERICUT 日志中查看到优化前

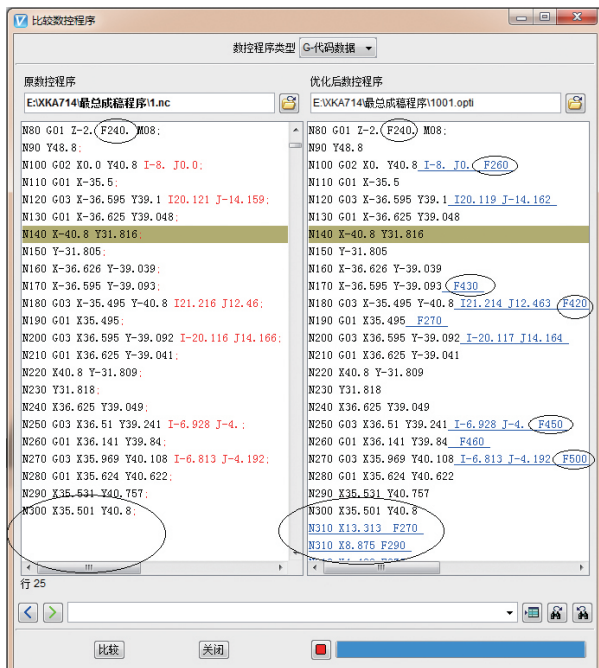


图10 部分加工程序优化前后对比

Fig.10 Part of program comparison before and after optimization

后的加工时间对比,每道工序的加工时间变化如表 2 所示,其中 $\Delta = (T_1 - T_2) / T_1$ 。

由表 2 可见,基于 VERICUT 对数控程序进行优化,可缩短加工时间,优化数控程序。不仅可降低试切次数和成本,提高加工安全性,而且可提高零件的加工精度和表面质量,使数控程序更加合理。

#### 4 实际加工验证

为了验证本文构建的仿真系统的实用性,将经过仿真系统检验和优化后的数控程序用 CF 卡传到 XKA714 数控铣床上进行在线加工,加工材料为 LY12。加工完成后的工件如图 11 所示,通过对虚拟加工和实际加工的对比分析,可以得出以下结论:

(1) 实际加工中没有发现任何碰撞、干涉现象。证明在实际加工前,利用 VERICUT 进行虚拟仿真加工,检验数控程序和进行干涉、碰撞等检查的有效性。

(2) 观察发现实际加工过程中其加工进给率随加工条件不断变化。程序未优化前零件加工时间为 164.07min,优化后程序的加工时间为 111.2min,加工效率提高了 32.22%。从而验证了利用 VERICUT 进行程序优化的正确性。

(3) 检查实际加工的零件尺寸和精度,满足设计要求,验证了仿真系统的加工精度的可靠性。

#### 5 结束语

采用 UG 和 VERICUT 相结合的方法,对旋钮零件进

表2 工件优化前后的加工时间变化

操作名称	原加工时间 $T_1/\text{min}$	优化加工时间 $T_2/\text{min}$	优化率 $\Delta/\%$
粗加工	59.39	46.07	22.680
平面精加工	2.52	1.25	50.440
球面精加工	52.01	27.08	47.840
把手精加工	16.23	8.46	46.505
圆角精加工	9.55	5.20	46.220
底面加工	24.37	23.15	5.540

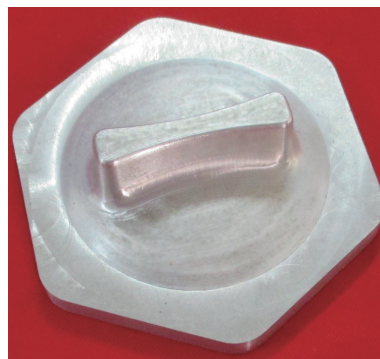


图11 实际加工的工件

Fig.11 Actual processing of workpiece

行仿真加工,验证了该方法的合理性和有效性。使用该方法对加工过程进行模拟,对数控程序进行验证与优化。通过优化使得数控程序更合理,加工时间缩短。不仅降低了试切成本,而且提高了加工的安全性,使得刀具寿命得到延长,零件的加工精度和表面质量得到改善。同时,该方法使得产品的生产周期得到缩短,提高了机床的利用率和生产效率,进而提高了企业的经济效益。

#### 参考文献

- [1] 姚运萍,王素梅.基于 VERICUT 的虚拟机床建模与复杂曲面加工的研究.新技术新工艺,2010(1):37-39.
- [2] 王雷,凌雪.基于 VERICUT 的 XH714 加工中心仿真.井冈山大学学报(自然科学版),2011,32(5):92-95.
- [3] 孔德英,崇凯,王霄.基于 UG/CAM 和 VERICUT 的数控加工仿真与优化.机床与液压,2011,39(23):147-149.
- [4] 唐秀梅,李克安,牛昌安,等. Vericut 数控加工仿真技术.北京:清华大学出版社,2010.
- [5] 詹沛枝,阳林,元宇鹏.基于 VERICUT 轿车仪表盘模具型芯加工仿真和刀轨优化.机电工程技术,2010,39(11):42-45.
- [6] Sencer B, Altintas Y, Croft E. Feed optimization for five-axis CNC machine tools with drive constraints. International Journal of Machine Tools & Manufacture, 2008, 48(7/8):733-745.
- [7] 李存鹏.基于 VERICUT 的虚拟数控加工刀具轨迹优化.机械研究与应用,2011(1):15-16.
- [8] 刘卫.基于 VERICUT 的数控加工的优化.机械设计与制造,2009(5):188-189.

(责编 亿霖)