

CAM 零件加工轨迹仿真及其实现方法

盛尚雄¹, 巨正东², 张兰英¹, 张新安³

(1. 兰州理工大学 机电工程学院, 甘肃 兰州 730050; 2. 兰州理工大学 继续教育学院, 甘肃 兰州 730050;
3. 陕西华电蒲城发电有限责任公司, 陕西 蒲城 715501)

摘要: 针对走刀轨迹的数控加工仿真, 采用可视化技术检查其零件加工路径, 建立并研究了数控加工的 CAM 系统框架, 利用三维实体模型集合运算等方法, 得出了具体实现的方法和步骤, 实现了 CL(Cutting Locating, CL)动态仿真.

关键词: 轨迹仿真; 三维实体; 数控加工

中图分类号: TH164 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-0366(2008)04-0125-04

CAM Parts Machining Trajectory Simulation and the Method of Its Realization

SHENG Shang-xiong¹, JU Zheng-dong², ZHANG Lan-ying¹, ZHANG Xin-an³

(1. College of Mechanical and Electrical Engineering, Lanzhou University of Science and Technology, Lanzhou 730050, China; 2. Continuing Education College, Lanzhou University of Science and Technology, Lanzhou 730050, China; 3. Shaanxi Huadian Pucheng Power Plant Limited Liability Company, Pucheng 715501, China)

Abstract: By using a measurement method of visualization technique, we inspect machining trajectory of numerical control simulation, establish the systematic frame of the numerical control, use the method of 3-Dimensional solid model in operation, realize the dynamic simulation of cutting location and discuss the realization method and procedure of the algorithm.

Key words: trajectory simulation; 3-dimensional solid; numerical control

对产品的设计、工艺规划、加工制造、性能分析、质量检验全过程的计算机三维仿真, 制造过程的各个环节进行评价和预测, 以增强制造过程的各级决策与控制能力, 缩短产品开发周期, 优化制造过程, 选择合适的工艺路线及加工方法、加工刀轨和切削用量, 而计算机则完成对加工过程的控制、干涉处理及工步、工序的优化以及后置处理成数控(NC)加工程序^[1]. 有效预测数控加工过程和切削过程的可靠性及高效性, 还可以对一些意外情况进行控制. 加工零件的 NC 代码在投入实际的加工之前通常需要进行试切, 以检验 NC 代码的正确性和被加工零件是否达到设计要求. 利用仿真器还可以检查数控加工

中出现的各种错误, 如存在于刀具与工件、夹具、和工作台之间的碰撞、干涉和过切现象^[1], 从而减轻了数控编程人员和机床操作人员的劳动强度. 数控加工仿真代替了试切等传统的走刀轨迹的检验方法, 大大提高了数控机床的有效工时和使用寿命, 因此在制造业得到了广泛应用, 研究它具有十分重要的意义.

1 CAMWorks 系统的仿真结构

Solidworks 下的 CAMWorks 仿真系统主要由 Solidworks 二维图形设计、三维模型设计和 CAMWorks 下的 (cutting location) 引擎以及加工轨迹

CL 仿真等几个模块组成^[2],其结构关系如图 1 所示.在 CAMWorks 下仿真时,用户需先在 Solidwords 下设计草图,然后以拉伸、旋转和扫描等方式生成三维模型^[1].在设计加工路径时,用户需要

指定加工参数,然后利用 CL 引擎自动生成加工路径,并可以通过加工轨迹仿真来检验路径的正确性,进一步生成 NC 码,输出到数控机床进行零件加工^[1].

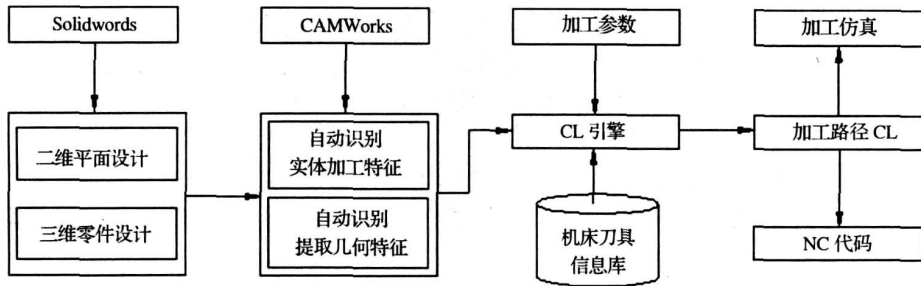


图 1 CAM 系统结构关系

1.1 CAMWorks 下的仿真加工方法

Solidwords 是 CAMWorks 加工轨迹仿真模拟系统重要的组成部分,其实现原理是通过三维实体模型之间的集合运算功能和时间上的控制形成仿真动画,模拟切削过程,使得刀具、工件、切削加工路径真实的体现在屏幕上,具有很强的感性认识.

加工仿真过程中涉及到大量的浮点运算,在仿真三轴以上数控加工轨迹时的动画效果有可能不连贯,必须加以改进.对存在多个加工深度的加工路径,将毛坯模型按加工深度分层,在仿真的时候,每次只有一层的毛坯模型参与层的加工结果来进行仿真^[3].仿真的基本步骤可归纳为:研究数控加工系统、收集数据、建立系统模型、确定仿真算法、建立仿真模型、运动仿真模型、输出结果并分析.为了提高仿真效果,可开启一个线程用于计算,以有效的提高仿真动画的连续性.

1.2 由 Solidwords 生成三维实体的表示方式

三维实体模型在计算机内部的表示方式一般有构造实体集合表示的 Brep(边界表示法)以及形体特征表示^[4].边界表示法利用系统定义的简单几何体,经并、交、减的集合运算,构造出复杂形体,并有生成速度快,数据量小,并建有完整的边界信息,可直接将线框模型转换为工程图;Brep 表示法详细记录了构成形体的所有几何元素的几何信息及拓扑关系,以使直接构成形体的各个面、边界和顶点的参数,很容易确定几何元素间的连接关系,快速生成和绘制线框图、投影图.特征表示是从应用层来定义形体,直接以孔、槽、螺纹和倒角等有工程意义的高级形体特征作为操作对象,有利于快速生成模型,保证了零件加工数据

和特征的一致性.在 CAMWorks 系统中的管理器中,对一般的模型,根据 CSG(几何构造模型)和 Brep 表示法之间优缺点的互补性,采用 CSG 和 Brep 的混合模型表示法,该方法采用几何构造模型为外部模型,边界表示法为系统的内部模型,特征造型法为系统提供相关的特征建模操作^[2].这样,当用户交互式的逐步构造设计对象时,系统自动构建实体体素链表.即用 CSG 作为高层次抽象的数据模型,用 Brep 作为低层次的具体表示形式.对特殊的模型如孔、螺纹等用特征表示法来表示.对实体的几何运算是建立在集合论、拓扑学和拓扑流行学的基础上的,包括并、交、减等运算类型.集合运算可以分解为 3 个步骤.第 1 步是求交,把交点与交线保存下来.第 2 步是分类,把每个形体经过求交后被适当分割的几何元素与另一形体进行分类,以决定这些元素是包含于另一形体,还是在另一形体之外,或者是在另一形体之上.第 3 步为归并,根据集合运算和类型决定哪些元素作为结果保留,哪些元素被丢弃.

2 加工轨迹仿真的实现

数控加工仿真系统中一个很重要的任务就是要用计算机模拟刀具的加工轨迹.仿真出的刀具轨迹不仅与数控源程序的编制合理与否有关,还与数控程序到计算机程序的编译正确程度有关.与所有的高级编程语言一样,数控加工系统仿真同样要有从数控程序到计算机程序的编译过程^[5].计算机从编译结果读取刀轨数据,从而绘制加工轨迹.另外,还能从编译结果中检查数控源程序的代码错误以及刀具和工件是否会发生干涉等错误.

为了确保 CAM 系统中加工轨迹仿真系统的顺利进行,首先要对每个调用存贮时间进行标识,然后在后续循环迭代中计算上次调用以来经过的时间,将它与所要频率的倒数进行比较^[6].这样就可以确定是否要进行更新调用,保证正确的调用频率.这个方法 C++ 语言源代码如下:

```
longTimeLastCalll=timeGettime();
存贮时间标识 long frequency=20;
//频率 while(! end)
{
if((timeGettime()-TimeLastCalll)>
1 000/frequency)
{
data_logic();
//数据更新逻辑
TimeLastCalll=timeGettime();
}
presentation();//仿真场景更新
}
```

以上代码中用 Win32 API 中的 timeGettime() 方法作为定时器,这个方法返回 Windows 上次启动以来结果的时间(ms).这样,将 2 次调用 timeGettime()方法的结果相减,就可以测量结果的时间,基于以上特点和建模理论,在实现数控加工仿真过程中,首先将毛坯表面离散为离散网格单元,单元的数量依据加工精度而定,数控加工仿真的数据结构为

```
//空间网格单元的数据结构 struct MyPoint
{
double x;//网格单元的空间坐标值
double y;
double z;
int xint;
int yint;
int zint;
```

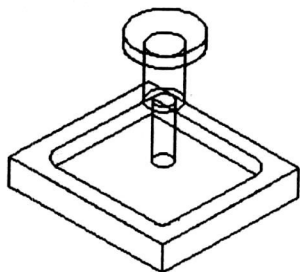


图 2 刀具切割扫描

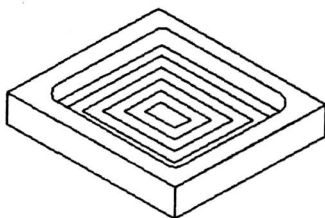


图 3 扫描切割路径

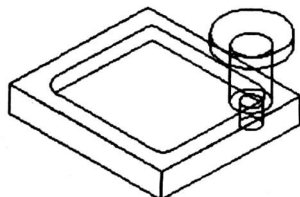


图 4 碰撞

```
bool visuable;//判断该点是否显示,
false—隐藏, true—显示
bool IsCut;//判断该点是否刚刚被 cut,
false—没有, true—刚刚被切.
};
```

2.1 毛坯模型和刀具模型的生成

在 CAM Works 中,提取加工特征之前,一般先定义零件的毛坯.定义零件毛坯主要有 2 个目的,一是定义仿真时使用的毛坯尺寸和形状.另一个目的是确定使用的材料^[6],以便选择数据库中已设定好的进给速度和加工速度.

在默认的情况下,毛坯是能够容纳要加工零件的最小矩形体,用户有 2 种方式定义毛坯尺寸:一种方式是将最小矩形体偏移.刀具模型的生成比较复杂,在 CAM 系统中,所有刀具信息包括几何形状、材料和种类等都存放在刀具信息数据库中,在计算加工路径之前,用户需要指定使用何种刀具,并且系统将选择的刀具索引号放在加工路径中^[7].进行加工轨迹仿真时,从数据库中取得刀具几何形状,然后利用旋转的方式生成实体模型.

2.2 切削路径的实现

加工轨迹仿真最重要内容就是模拟机床切削加工的过程.在计算机内部,就是要用不同刀具模型模拟不同机床下的切削过程,实现数控加工仿真可视化.但由于仿真时只计算加工路径上的有限个关键点,因在 Solidwords 下由草图旋转构成的刀具模型无法切割得到连续的加工表面,必须建立刀具沿轨迹的扫描体^[8],用扫描体代替刀具模型进行切割才能得到合适的仿真结果.如图 2 所示,刀具部分为垂直的圆柱体,加工路径设计为往复加工.在数控加工过程中,形成一个二轴加工过程.切削刀具主要沿 2 个方向移动,一个方向是垂直方向,另一个方向是水平方向.仿真时,在加工路径的每条加工路线上一次生成刀具的扫描体,如图 3 所示.

2.3 过切加工识别方法

进行轨迹加工仿真除了能够让操作人员对加工路径有直观的认识,同时能够识别加工过程中出现的漏切、过切和碰撞等现象.这些现象与走刀方式、刀杆长度参数等有关,只要将仿真中切削过的毛坯模型和目标零件模型相比较,就可以精确的判断出上述现象.在实现自动换刀时考虑到对刀的问题,所以每个刀具要有一个安装长度(Assemble length)参数,自动换刀时,系统需要读入这个参数,并以此为依据调整仿真的坐标系统,从而保证走刀轨迹的正确性^[1].

3 结论

通过对加工方法、加工过程以及加工结果进行试验研究,确保CAM系统中加工轨迹仿真系统的顺利进行,并通过三维实体的集合运算等功能实现了CAM系统中加工轨迹仿真的功能,系统开发了加工调整、状态显示等辅助功能,通过比较仿真结果和目标零件,可直观地发现漏切、过切和碰撞等问题.提出了数控仿真验证的新方法,以几何体来代替毛坯与刀具求交,根据求交的结果判断干涉碰撞是否发生.对于形状比较复杂的零件加工程序可以

进行快速、正确的验证,能够动态、直观地显示零件的加工过程,实现非实际切削过程中的数控检验,有效地解决了复杂零件数控加工程序的检验问题.该方法可运用到半成品零件的数控加工领域,是很好的数控仿真干涉检查方法,并且为研究实体数控仿真验证提供了一个新的途径和思路.

参考文献:

- [1] 盛尚雄. CAMWorks 下的零件加工工艺模拟仿真技术研究与应用[J]. 甘肃科学学报, 2004, 16(4): 105-107.
- [2] 张振宇, 李鸿琦, 刘美华, 等. 基于 CAM 的 STM 和 AFM 的一种过载保护装置研究[J]. 制造技术与机床, 2003, 12(14): 48-49.
- [3] 黄恺, 李雷. 基于 Pro/E 及数控铣床的摆线轮 CAD/CAM [J]. 现代制造工程, 2004, 2(12): 45-46.
- [4] 沈晓红, 郎师周. 基于 CAPD 系统的铣床选择决策机器数据库研究[J]. 现代制造工程, 2004, 2(12): 7-8.
- [5] 熊烽, 宾鸿赞. 数控工具磨床加工仿真研究[J]. 华中科技大学学报, 2002, 4(30): 4-5.
- [6] 杨国哲, 巩亚东, 葛研军, 等. 高真感虚拟车削加工系统中工件模型的建立[J]. 制造技术与机床, 2003, 12(14): 48-50.
- [7] 余斌, 刘荣忠. 其于 OpenGL 的数控加工仿真系统研究[J]. 四川大学学报, 2003, 12(5): 18-19.
- [8] 沈建华, 陈荣刚, 严军, 等. 数控加工仿真系统[J]. 机械制造, 2005, 43(9): 23-25.

作者简介:

盛尚雄 (1953-)男, 甘肃省嘉峪关市人, 1978年毕业于甘肃工业大学机械制造专业, 现任兰州理工大学机电工程学院副教授, 从事 CAD/CAM 教学与研究.