

基于 ACIS 的数控加工仿真系统的研究^{* 1}

邢青松,赵雪梅

(盐城工学院 实验教学部 江苏 盐城 224003)

摘 要 利用基于组件技术的 ACIS 几何造型平台,建立了基于 ACIS 的数控加工仿真系统的体系结构,分析了数控加工仿真中模型的几何与拓扑信息,确定了几何模型的数据结构,建立了数控加工仿真的几何模型,并讨论了如何通过 API 接口函数来实现对模型操作的方法。

关键词 数控加工; NC; 几何仿真; ACIS; 几何建模; API

中图分类号 TP391 **文献标识码** A **文章编号** 1671-5322(2005)04-0005-04

数控加工仿真作为 CAM 技术的两大核心内容之一,是现代先进制造技术的基础。西方发达国家对数控加工仿真的研究开展较早,在数控铣削、车削等几何仿真方面的研究已经较为成熟,并开始物理仿真的研究^[1,2]。然而,与国外相比我国在数控加工仿真的研究方面还存在着较大的差距,特别是缺少成熟的数控加工仿真产品。长期以来,我国在数控加工仿真方面普遍使用国外的软件产品,在技术上受制于人。因此,我们迫切需要加强对数控加工仿真技术的研究,加快具有自主知识产权的数控加工仿真软件的开发和实用化的进程,以提升我国先进制造技术的水平,从根本上打破西方发达国家对我国的技术封锁和外国公司的市场垄断,促进我国先进制造技术和民族高技术产业的向前发展。

数控加工仿真是实际数控加工过程在虚拟环境中的映射,它是通过计算机模拟实际的加工过程,以达到对数控加工程序验证、切削过程优化和加工结果预测的目的。即通过加工过程仿真可以在虚拟环境中模拟零件的实际加工状况,对数控加工程序的正确性、合理性加以检验;检查在实际加工过程中可能出现的碰撞、干涉、过切等潜在问题;分析和评价零件的可加工性和工序的合理性;对虚拟加工过程和切削参数进行优化控制;对工

件的加工质量进行评价与预测等。

通过数控加工过程仿真可以营造一个虚拟的加工环境,使零件加工从过去凭经验走向科学预示,从而有效地减少加工中的风险,缩短产品的开发周期,降低制造成本,极大地提高生产效率和产品质量。基于 ACIS、具有自主知识产权的数控加工仿真系统的研究与开发,对我国先进制造业的发展必将起到积极的推动和促进作用,具有很重要的现实意义和应用价值。

1 开发平台 ACIS 的特点

ACIS 是美国 Spatial Technology 公司推出的面向对象的三维几何造型平台,现已成为当今世界上两个最好的 CAD/CAM 几何建模开发平台之一。许多著名的大型系统都以 ACIS 作为造型内核,如 Cimatron、MDT 软件等。这一切正是源于 ACIS 具有强大的功能与卓越的特色^[3]。

(1) 基于组件技术的开放体系结构。ACIS 由核心模块和可选模块两部分构成。除了核心模块 ACIS 3D Toolkit 提供了各种功能强大的内置组件(如模型管理、图形交互、OpenGL 显示等)外,可选模块 Optional Husks 还提供了能满足各种特别要求的可选组件,如支持复杂拓扑的高级过渡和几何过渡、高级渲染、网格曲面、局部修改、可变

* 收稿日期 2005-09-27

作者简介 邢青松(1965-)男,江苏东台人,盐城工学院副教授,南京航空航天大学博士研究生,主要研究方向为 CAD/CAM 与仿真。

形曲面、修补、精确消隐、抽壳等组件。ACIS 强大的组件功能为其应用提供了很大的柔性,开发者可以很方便地在不同的用户与应用之间采用不同的组件组合。

(2) ACIS 的几何总线(ACIS geometry bus)。ACIS 的开放体系和 SAT 模型构成了 ACIS 的几何总线。ACIS 在数据结构层采用统一的 B-rep 表示,并支持线框、曲面、实体的混合建模,能够使线框、曲面、实体的几何与拓扑模型数据自由交换。当 SAT 模型数据在总线上自由流动时,不需要任何解释和翻译。通过几何总线使得产品模型从概念设计到制造过程,可以使用多个厂家提供的应用,而不需要为模型的互操作性做额外的工作。

(3) ACIS 提供了与 IGES、STEP 等国际标准数据格式的转换接口,并能读取、转换当今主流 CAD(如 CATIA、Pro/E 等)零件的几何数据。因此,在 ACIS 平台上开发的 CAD/CAM 系统具有共享的几何模型,能够相互直接交换产品数据。

(4) ACIS 除了具有非常好的开放性外,还有一个很重要的特性,那就是可变形的建模(Deformable Modeling)方法。该法是在原有模型的数据节点上再附加对象的一些物理属性(如质量、刚度、阻尼等),然后利用 deform 算法,对施加在该对象上的载荷进行计算,从而可以非常逼真地显示出受载物体的变形情况和变形后模型的状况。

2 基于 ACIS 的数控加工仿真系统的体系结构

基于 ACIS 的数控加工仿真系统,以 ACIS 为内核,采用面向对象的 C++ 语言和组件化的开发技术,具有良好的开放性、可扩展性和可维护性等特点。其体系结构如图 1 所示,主要包含 NC 代码预处理模块、CAD 数据转换模块、毛坯与刀

具定义模块、刀具库、夹具库、机床库、加工过程仿真主模块、NC 代码检查纠错、加工过程动态显示模块、碰撞与干涉检查模块、仿真过程记录模块、仿真结果文件输出模块等。

2.1 NC 代码预处理模块

由于不同的数控机床往往具有不同的控制系统,而不同的控制系统定义的 NC 代码格式不尽相同。为了使仿真模块能够识别不同的 NC 代码格式,仿真模块应该具有通用的 NC 程序预处理能力。也就是说,在对 NC 加工程序进行仿真之前,必须先对 NC 代码进行预处理,能将不同控制系统的 NC 代码转换成仿真系统所支持的格式,从而支持多种控制系统的加工仿真。该模块是将 NC 加工代码转换为中间格式,并且对仿真模块进行数据预处理(如预先计算出刀具的中间位置),以提高仿真模块的执行效率。

2.2 CAD 数据转换模块

不同的 CAD 系统对图形文件的定义不尽相同,往往具有不同的 CAD 文件格式。为了使仿真系统能够支持不同格式零件的仿真,需要将不同格式的 CAD 模型转换成系统可以识别的格式。因此,该数据转换模块实际上是不同 CAD 文件格式的转换接口,它能够将多种数据格式(如 STEP、IGES、Parasolid、UG、ProE、STL、SolidWorks、DWG、DXF 等)的文件转换为 ACIS 支持的 SAT 文件格式,以供仿真模块使用。

2.3 刀具定义模块

该模块提供了常用刀具(如球头刀、平底刀、圆角刀、锥形刀等)的可视化定义和编辑功能,同时该模块配有刀具库,方便用户定义刀具、选择刀具和编辑刀具。刀具定义包括刀具号的编排、刀具材料的选择和几何参数(如刀杆长度、刀具直

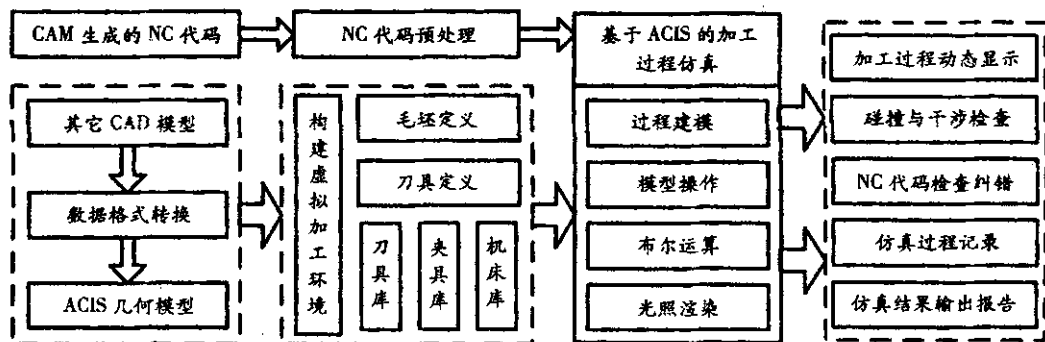


图 1 数控加工仿真系统的体系结构

Fig. 1 System frame of numerical control machining simulation

径、刀刃长度、圆角半径、锥度角等)的设定,并能对生成的刀具定义文件进行存贮。

2.4 毛坯定义模块

毛坯定义模块主要提供了规则毛坯的可视化定义、毛坯的自动生成和存贮。规则毛坯常用的有圆柱形和长方体形毛坯,只要输入规则毛坯的材料和几何参数(如长方体的长、宽、高或圆柱的直径与高度),即可自动生成相应的毛坯,并可保存。对于非规则的毛坯主要由 CAD 系统设计,再作必要的格式转换后获得。

2.5 加工过程仿真主模块

加工过程仿真主模块是利用基于 ACIS 的何实体建模技术和可视化的方法来建立真实感的几何模型,从定性图形显示和定量干涉验证两个方面,来实现对 NC 程序的正确性校验,包括对 NC 指令的语法检查、走刀轨迹检查、加工轮廓检查、轮廓干涉检查和机床干涉检查等。该模块主要包括加工过程几何建模、模型操作、布尔运算、图形消隐、光照渲染等内容。

该模块采用 B-rep 模型来精确构造毛坯实体、刀具实体、刀具扫描体,通过毛坯实体与刀具扫描体之间作布尔减运算,来模拟刀具对工件的加工情况,并将刀具扫描体与毛坯作快速的布尔求交,实现过切和干涉检查、NC 程序的验证。并利用运动仿真实现刀具与夹具、刀具与工作台的碰撞检测,利用 OpenGL 对图形进行渲染处理等操作。

2.6 仿真结果输出模块

仿真结果输出模块是将加工过程仿真主模块的仿真结果以图形和文本的形式输出。该模块主要包括:加工过程动态显示、碰撞与干涉检查、仿真过程记录与仿真结果输出报告等内容。该模块动态显示刀具相对于机床和工件的运动,以及刀具的切削和工件的形成过程,并检查有无过切、碰撞。当刀具与夹具、机床工作台发生碰撞,或与已加工表面发生干涉时,通过着色处理来显示碰撞与过切的情况。并且该模块还以文本文件的形式记录仿真加工的结果,主要包括过切量、欠切量、过切和欠切位置以及发生干涉的 NC 代码行号,以便对 NC 代码进行纠错。

3 基于 ACIS 平台的数控加工仿真的几何建模

几何建模是数控加工可视化的基础。数控加工仿真的几何模型是以 ACIS 中的最基本的抽象

类 ENTITY 为基础,由其派生类 Geometry(几何)、Topology(拓扑)和 Attribute(属性)统一构成。Geometry 反映模型的几何信息,如 APOINT、CURVE(派生类为 ELLIPSE、INTCURVE 和 STRAIGHT CURVE)、PCURVE、SURFACE(派生类为 PLANE、CONE、SPHERE、SPLINE、TORUS 和 MESHSURF)、TRANSFORM 等;Topology 表示模型的拓扑信息,包括体(BODY)、块(LUMP)、壳(SHELL)、子壳(SUBSHELL)、面(FACE)、环(LOOP)、线框(WIRE)、公共边(COEDGE)、边(EDGE)、顶点(VERTEX)等;Attribute 表示模型的非几何属性,包括系统属性(System Attribute)和用户自定义属性(User Attribute)。它们继承了 ENTITY 的所有性质,并增加了专有的结构数据和访问这些数据的接口。ACIS 的实体采用精确 B-rep 模型描述,将线框、曲面、和实体存储在统一的数据格式之中,从而可以支持用线架、三角片和实体方式的混合模型的显示。基于 ACIS 的数控加工仿真模型中同时包含几何属性、拓扑属性和物理属性,具有完整的三维信息和其它非几何信息。其几何属性和拓扑属性在数据逻辑上相互指引,物理属性除了包括实体模型的颜色、材质、体积和重心之外,还可以利用 ACIS 的用户自定义属性,进一步扩展实体模型的非几何信息,为实现数控加工全过程(包含物理效应)的仿真提供更加阔广的支持。图 2 所示的数据结构反映了模型的拓扑与几何信息。

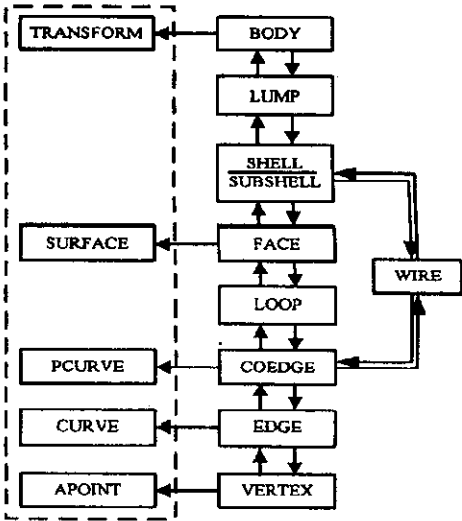


图 2 数控加工仿真中几何模型的数据结构

Fig.2 Data structure of model in numerical control machining simulation

4 数控加工仿真中对模型操作的实现

ACIS 是基于组件技术的 3D 开发平台。ACIS 组件是由类、API(Application Procedural Interface)函数和 DI(Direct Interface)函数组成的具有一定功能的软件单元(如图 3 所示)。DI 函数与 API 函数作用相当,均为 ACIS 与用户程序的

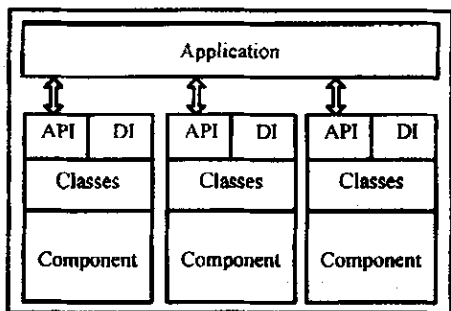


图 3 数控加工仿真中应用程序与 ACIS 的接口

Fig.3 Interface between application and ACIS in numerical control machining simulation

接口,但由于 DI 在不同 ACIS 版本间存在差异,而 API 函数在每一版本中均保持不变,因此在基于 ACIS 的数控加工仿真系统的开发中,采用类和 API 函数来实现对模型的操作。

API 函数将造型功能与应用支持特性集成起

来,用户通过 API 函数创建几何模型、修改模型属性、提取模型信息,来实现对模型的操作。每个 API 函数都是对某一操作的封装,在使用 API 前必须包含相应的头文件和对相应的组件模块初始化。通过诊断宏自行检查 API 函数运行的结果,若结果出错,释放所占内存空间,并将几何模型状态恢复到执行操作前的状态^[5]。

5 结语

基于 ACIS 的数控加工仿真系统是以实体仿真、组件技术为基础,具有精度高、真实感强、扩展性好的特点,既可以单独使用,又能够与现有的 CAD 系统集成,并且仿真速度、实时性均能较好地满足加工仿真的要求。

基于 ACIS 的数控加工仿真系统不仅几何仿真功能较为完善(如对数控加工代码进行校验、碰撞与干涉检查、NC 代码优化、误差的评估与显示等),而且由于 ACIS 能够根据用户需要自定义各种类和属性,有利于向物理仿真方向扩展,并且能够在 ACIS 实体仿真平台的基础上,实现几何仿真和物理仿真的集成,为面向整个数控加工过程的仿真奠定良好的基础。

参考文献:

- [1] Abrari F, Elbestawi M A, Spence A D. On the dynamics of ball end milling: modeling of cutting forces and stability analysis[J]. International Journal of Machine Tools and Manufacture, 1998, 38(3): 215-237.
- [2] Li Z Z, Zheng M, Zheng L, et al. A solid model-based milling process simulation and optimization system integrated with CAD/CAM[J]. Journal of Materials Processing Technology, 2003, 138(1-3): 513-517.
- [3] 安鲁陵. 基于 ACIS 几何平台的 CAD/CAM 软件开发关键技术研究[D]. 南京: 南京航空航天大学, 2001.
- [4] 盛亮. 基于实体的数控加工仿真关键技术的研究与实现[D]. 南京: 南京航空航天大学, 2005.

A Study of Simulating System of Numerical Control MachiningBased on ACIS

XING Qing-song ZHAO Xue-mei

(Department of Laboratory Teaching Management, Yancheng Institute of Technology, Jiangsu Yancheng 224003, China)

Abstract The systematic frame of numerical control machining simulation is built up by using component technology based on ACIS. After analyzing the geometry and topology information of the model for numerical control machining simulating, the data structure of model is established, and geometrical model is built up. Finally how to carry out the operation toward the model through API functions is discussed.

Keywords numerical control machining; NC; geometrical simulation; ACIS; geometrical modeling; API