

文章编号:1671-5497(2006)Suppl.-0095-04

三维车削仿真的碰撞检测

胡忠泉,王龙山,王义强,李云靖

(吉林大学 机械科学与工程学院,长春 130022)

摘要:在分析了目前碰撞检测主要方法的基础上,研究了三维车削仿真加工过程中的碰撞检测方法。在造型的过程中借助了多边形的概念和 B_rep 的造型方法;在算法上采用将三维实体间的碰撞检测转化为二维多边形间的重叠性检验;并通过多边形之间的布尔交运算来判定碰撞的发生。实现的平台为自主开发的动态三维车削仿真系统 CNCSimu 2.0。仿真实例表明:该方法简化了碰撞模型,提高了碰撞检测效率。

关键词:机械制造自动化;数控仿真;布尔运算;碰撞检测

中图分类号: TG519.1; TP391.9 文献标识码:A

Collision detection in process of three-dimension lathe-simulation

Hu Zhong-quan, Wang Long-shan, Wang Yi-qiang, Li Yun-jing

(College of Mechanical Science and Engineering, Jilin University, Changchun 130022, China)

Abstract: An algorithm for collision detection in three-dimensional (3D) lathe-simulation was developed based on the study of current collision detection methods. In modeling process, the polygon concept and B_rep molding method were employed. The algorithm converts 3D solid model into 2D polygon model, and the occurrence of collision is detected by identifying the intersections among the 2D polygons using Boolean operation. This detection method can be performed on the 3D dynamic lathe - simulation system developed by the authors. Case study verified that this method can simplify the collision model, hence accelerates the detection process.

Key words: mechanical manufacture and automation; NC simulation; Boolean operation; collision detection

0 引言

碰撞检测是加工过程仿真的重要内容,它对避免在真实加工中发生碰撞,造成工件报废和设备损坏,甚至威胁到操作者的人身安全具有重要意义。近 10 年来,许多专家学者对平面碰撞问题进行了深入的研究,并取得了一些很好的结果,提出了许多最优算法,例如:覃中平、张焕国提出了

时间复杂度为 $O(\log n + \log m)$ 的最优算法^[1]; David Braff 采用将凹多边形分解为凸多边形的方法来求解碰撞问题^[2]等,而对于三维空间碰撞检测的高效算法却很少。作者结合车削仿真加工的特点,把三维实体间的碰撞检测简化为二维多边形之间的碰撞检测,即在车削仿真过程中将两物体间的检测变成平面内多边形间的重叠性检测,只要生成部件实体模型的多边形之间没有重叠现象,则两个实体之间就不会存在碰撞干涉,反之则

收稿日期:2005-01-29.

基金项目:新加坡国际合作项目.

作者简介:胡忠泉(1979-),男,硕士研究生. 研究方向:计算机加工仿真. E-mail:wqhzq@126.com

通讯联系人:王龙山(1946-),男,教授,博士生导师. 研究方向:CAD/CAE/CAM. E-mail:lswang@jlu.edu.cn

一定存在碰撞干涉。最后,通过仿真实例说明所提方法的合理性与有效性。

1 碰撞干涉

1.1 碰撞的定义

R. K. Culley 从时空的角度给出了发生碰撞的定义:即在某一个时刻 t ,如果空间中位于 L_1, L_2, \dots, L_n 的 n 个物体 S_1, S_2, \dots, S_n 中,存在一对或多对物体同时占据某块空间,那么就认为发生了碰撞^[3]。碰撞的发生就是两个物体在某一个时刻、某一个位置上发生了体积的重合。当物体接触时,每一个物体拥有维持物体本来物理状态的作用力,用于抵御外界作用产生的变形,如摩擦力等。

1.2 碰撞检测方法的现状

近 10 几年来,许多专家学者对平面碰撞问题进行了深入的研究,并取得一些很好的结果,提出了许多算法^[4-8]。综合起来,主要有:基于时间连续检测法、基于扫描求交法、基于固定时间段长度的检测法。

2 碰撞检测的实现

2.1 实现的平台

CNCSmu2.0 是在 OpenGL(即:Open Graphics Library)的基础上,以 Windows 2000 Professional 为系统依托,以 Visual C++ 6.0 为开发工具,采用面向对象的编程技术,自主开发的动态三维车削仿真系统。三维车削仿真的碰撞检测便是在此平台上实现的。

2.2 仿真系统中碰撞检测的部件模型

图 1 所示为仿真系统中参与碰撞检测的各个部件的实体模型。在造型的过程中借助了多边形的概念和 B_rep 的造型方法,其造型的机理是:将部件的实体模型分为两类,即旋转体类和棱柱体类。棱柱体类部件的建模方法是:给出部件的角点坐标和厚度值,通过参数得到棱柱体的上表面或下表面的多边形,通过厚度值便可得到另一相对表面的多边形的各顶点坐标值,再利用 B_rep 的方法建立部件实体模型。而旋转体类部件的建模方法是:将旋转体看成是由多边形绕固定的轴线旋转 360°后得到的实体,在生成实体的过程中,多边形每旋转一个步距角,就得到一组数据,

待转过 360°后,将所得到的所有点以 B_rep 的方法按一定的规则、以三角片的形式组合,就形成了旋转体类的部件模型。

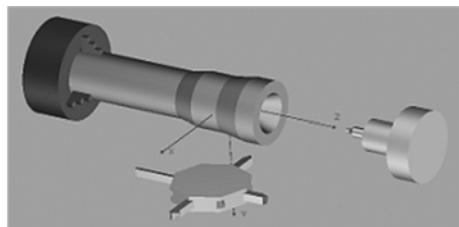


图 1 仿真系统的部件模型

Fig. 1 Models of the simulation system

2.3 碰撞检测的仿真算法

2.3.1 算法描述

考虑到回转体零件的对称性以及车削加工时可以将其运动轨迹都近似看作在刀尖顶点与零件轴线形成的二维平面上。作者采用基于固定时间段的碰撞检测方法,在每隔 t 时间段末,刀具从 L_1 点移到 L_2 点,构造刀尖顶点 L_2 与零件轴线形成的加工平面,分别与夹具体、零件体和刀具体相交,构成 3 个切割平面,夹具切面、零件切面和刀具切面。根据碰撞分类,选择判断刀具切面与零件切面或夹具切面是否相交,推断碰撞是否发生。

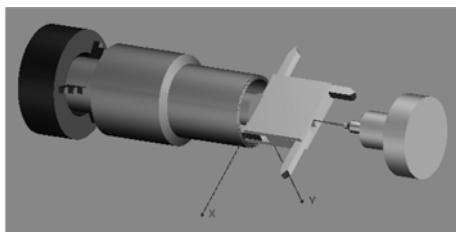
这就把三维实体之间的碰撞检测简化为二维多边形之间的碰撞检测。CNCSmu2.0 在进行部件实体建模的时候就借助了多边形的这个概念,而在碰撞检测这一环节,同样可以借助于多边形的方法。每个部件在加工平面内的切面均是一个多边形,那么只要判断每隔 t 时间段末多边形之间是否存在相交就可判断是否产生了碰撞,图 2 所示为车削系统中需要检测的碰撞。

作者采用布尔运算来判断多边形是否存在相交现象。

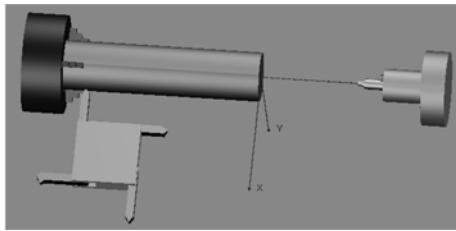
布尔运算的规则:当两个多边形相互重叠时,分别表示两个多边形的两个环相交,其交点将相交的两条有向线段分为两部分:环内部分和环外部分,分别表示处于另一个环的内部或外部。如图 3 所示。交点分为出点和入点两种:当一个环的有向线段经过交点进入另一环,则该交点称为入点;反之,如果是走出另一环,而该交点称为出点。对于同一个交点,相对于不同的环来说,其出点和入点是不同的。

当两个环由于相交而产生新的交点后,因新交点的加入而使得原来的环扩充了。

由图 3 可看出,多边形 A 的环由原来的 1-2-



(a) 车内孔时刀架与工件的碰撞



(b) 车外圆时刀具与卡盘的碰撞

图 2 车削过程中的碰撞

Fig. 2 The collision of turning

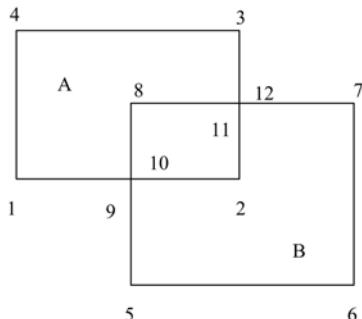


图 3 中间扩充环的生成

Fig. 3 The creation of middle annulus

3-4-1, 扩充为:1-9(入点)-2-11(出点)-3-4-1; 多边形B的环由原来的5-6-7-8-5, 扩充为;5-6-7-12(入点)-8-10(出点)-5; 从图中可以对照看出:点9和点10, 点11和点12, 原本分别为同一个交点, 这里由于分别处在两个环上, 为了说明的方便, 所以分开标识。

在进行布尔运算时, 搜索路径应从交点处开始。其求交运算的规则如下:

当遇到的交点为出点时, 则从该点在另一环上的对应点转入另一环, 顺另一环的方向进行; 如遇到的交点为入点时, 则仍沿本环的方向进行。见图4所示。左侧的图形为求交的结果。

综上:多边形布尔运算的步骤如下:

(1)建立参加布尔运算多边形的顶点表和环表;

(2)应用多边形重叠性检验, 判别两个多边形的关系;

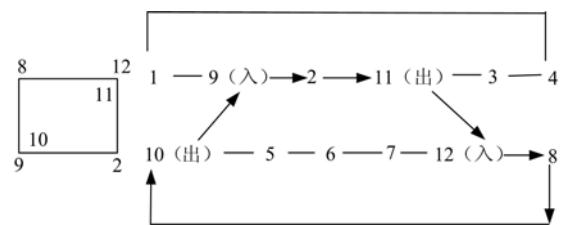


图 4 求交运算规则

Fig. 4 The rule of intersection

(3)求出两个多边形边的有效交点, 扩充顶点表和环表, 并分别标识交点为出点或入点;

(4)以一个交点为出发点, 按布尔运算的规则进行搜索, 按照搜索经过的路径, 在顶点之间连线输出。

2.3.2 碰撞检测流程(见图5)

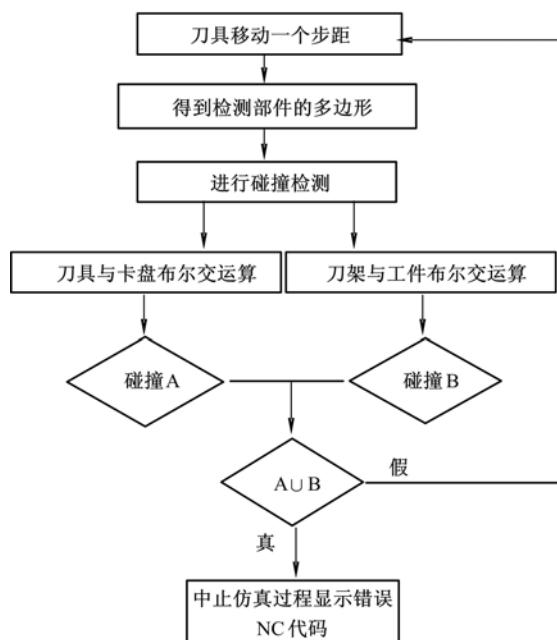


图 5 碰撞检测流程图

Fig. 5 Flow chart of collision detection

3 碰撞检测的算例

图6所示为在车削内孔时, 系统检测到的刀架与工件端面发生的碰撞。此时, 系统会弹出碰撞警告消息, 并且在代码显示区域显示错误的代码行。

图7所示为在进行外表面车削时刀具与卡盘发生碰撞的检测结果, 系统同样会弹出警告消息, 并且在代码显示区域显示错误的代码行。

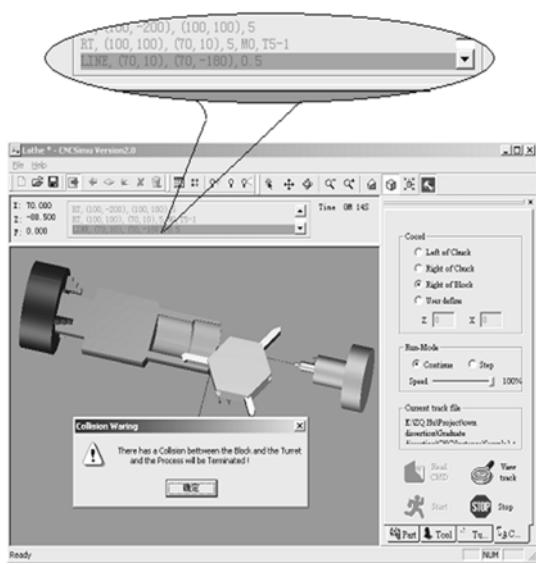


图6 刀架与工件碰撞检测

Fig. 6 The collision detection between the turret and the workpiece

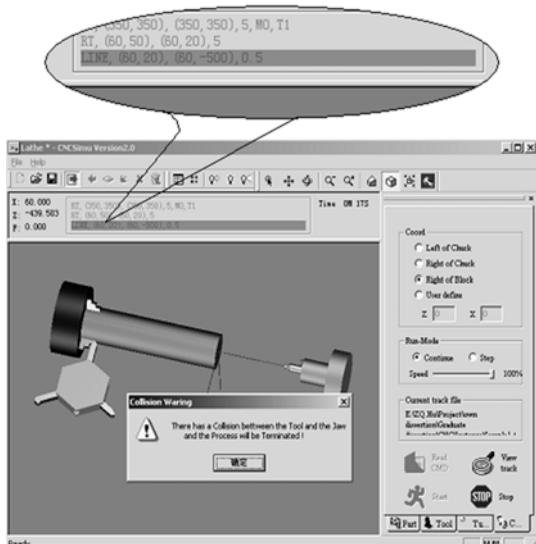


图7 刀具与卡盘碰撞检测

Fig. 7 The collision detection between the tool and the chuck

4 结束语

介绍了数控加工仿真中的碰撞检测的实用算法,并且在自主开发的CNCSimu2.0系统中得到了实现。根据车削的自身特点,在算法上将三维实体间的碰撞检测转化为二维多边形之间的相交

检验,并通过多边形之间的布尔交运算来判定碰撞的发生,达到了仿真加工过程中碰撞检测的目的。碰撞检测是仿真加工中必不可少的一部分,也将是今后虚拟加工、虚拟装配发展的重点。

参考文献:

- [1] 覃中平,张焕国.确定凸多边形平移时最初碰撞部位的最优算法[J].计算机学报,1992,15(3):171-177.
Qin Zhong-ping, Zhang Huan-guo. An optimal algorithm of determining the touch parts between two colliding convex polygons [J]. Chinese Journal of Computers, 1992,15(3):171-177.
- [2] David Baraff. Interactive simulation of solid rigid bodies [J]. IEEE Computer Graphics & Applications, 1995, 15(5):63-75.
- [3] Culley R K, Kempf K G. A collision detection algorithm based on velocity and distance bound [C]//IEEE International Conference on Robotics and Automations Proceeding, 1986.
- [4] 杨合明.数控加工过程仿真系统的研究[D].武汉:华中理工大学机械科学与工程学院,1994.
Yang He-ming. The study on emulate system in numerical control manufacturing procedure [D]. Wuhan: College of Mechanical Science and Engineering, Huazhong University of Science and Technology, 1994.
- [5] 张凤军.面向并行工程的多视域特征建模技术的研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学机电学院,2001.
Zhang Feng-jun. The study on multi-view feature modeling technique objected concurrent engineering [D]. Harbin: College of Mechatronics Engineering, Harbin Institute of Technology, 2001.
- [6] IKimura F. Product and process modeling as a kernel for virtual manufacturing systems [J]. Annals of the CIRP, 1995, 44(1):399 - 402.
- [7] 李建广.复杂曲面多坐标数控加工通用仿真验证方法的研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学机电学院,1997.
Li Jian-guang. The study on universal emulate verification method of multi-coordinate numerical control treatment of complex curved face [D]. Harbin: College of Mechatronics Engineering, Harbin Institute of Technology, 1997.
- [8] 陈元琰,张晓竟.计算机图形学实用技术[M].北京:科学出版社,2000.

(责任编辑 张祥合)