

文章编号:1007-130X(2006)05-0122-02

# 基于 OpenGL 的数控雕刻机加工仿真系统的研究\*

## Research of the OpenGL-Based Numerical Control Engraving Simulation Systems

李海涛,张承瑞,李洪斌

LI Hai-tao, ZHANG Cheng-rui, LI Hong-bin

(山东大学机械工程学院, 山东 济南 250061)

(School of Mechanical Engineering, Shandong University, Jinan 250061, China)

**摘要:**本文介绍了一种基于 OpenGL 的数控雕刻机加工仿真系统。它的实现采用了 Visual C++ 6.0 开发工具,以及用 OpenGL 开发的雕刻机三维加工仿真软件。本文还重点介绍了刀具加工轨迹的建模及三维动画的实现。

**Abstract:** This paper introduces a numerical control engraving simulation system based on OpenGL. This system is developed with the Visual C++ 6.0 Studio and the OpenGL technology, and can simulate the process of an engraving machine's 3-D machining. This paper emphatically introduces the modeling of the reamer's track and the method of how to implement the 3-D animation.

**关键词:** OpenGL; 数控雕刻机; 三维仿真; 仿真加工

**Key words:** OpenGL; numerical control engraving machine; three-dimension animation; simulation of process

中图分类号: TP391.9

文献标识码: A

## 1 引言

如今,数控雕刻机在模具、广告、精密加工等方面得到了广泛的应用。雕刻的字或图形越复杂,数控程序(NC 代码)就越复杂,越容易出错。因此,在利用数控雕刻机进行实际加工之前,一般要进行 NC 代码的校验,检查刀具运动轨迹是否正确,判断加工参数是否选择合适等。加工仿真可以大大节省 NC 程序的调试时间,减少实验费用,缩短调试设置时间,提高加工效率。在计算机显示器上进行加工仿真,既直观又快速而且无需额外费用,具有很高的应用价值。

## 2 仿真系统的总体构架

本系统是在 Windows XP 操作平台下利用 OpenGL 在 Visual C++ 6.0 下开发的、集 NC 图形仿真和 NC 代码编辑于一体的图形仿真校验系统。它主要由 NC 代码编辑、程序编译、仿真计算、轮廓显示和动画显示等模块组成。系统的总体构架如图 1 所示。

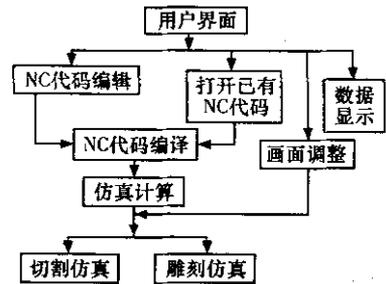


图 1 系统总体框架

该系统既可以对已有代码进行编译,也可以在编辑框中手动编辑代码,编译模块对代码进行数据和语法的自动查错并对 NC 代码进行解释,形成刀具中心点的轨迹坐标。仿真模块用于对由刀具移动所去除掉的材料进行建模,然后用被加工材料减去所去除掉的材料形成加工轮廓。由于雕刻机的刀具大体可分为两种情况,一种是利用切割技术雕刻实体文字或图形的圆柱形刀具,另一种是在被加工物体上进行雕刻形成刻痕文字或图形的圆锥形刀具,因此把仿真分为切割仿真和雕刻仿真。在切割仿真中被去掉的材料用一些小长方体来模拟,在雕刻仿真中被去除的材料用

\* 收稿日期:2004-10-13;修订日期:2005-03-01

基金项目:国家自然科学基金资助项目(50445004);教育部博士点科研基金资助项目(20040422026);山东省自然科学基金资助项目(Y2003F10)

作者简介:李海涛(1979-),男,山东济南人,硕士,研究方向为数控系统软件化;张承瑞,教授,博士生导师,研究方向为数控系统。

通讯地址:100083 北京市北京航空航天大学 11 号宿舍楼 542 室;Tel:1388777453;E-mail:greatlht@163.com

Address: Room 542, 11th Dormitory Building, Beihang University, Beijing 100083, P. R. China

一些小三棱柱来表示。画面调整模块用于调整仿真时加工场景的位置、大小以及加工显示速度的快慢等。为了减少内存的占用,提高程序代码运行速度,采用了开辟程序缓冲区、分段读取程序块的技术,即读一个程序块-检查错误-解释程序段-执行程序段;然后再读入接下来的程序块-检查错误-解释程序段-执行程序段,直到该数控程序结束为止。加工流程图如图2所示。

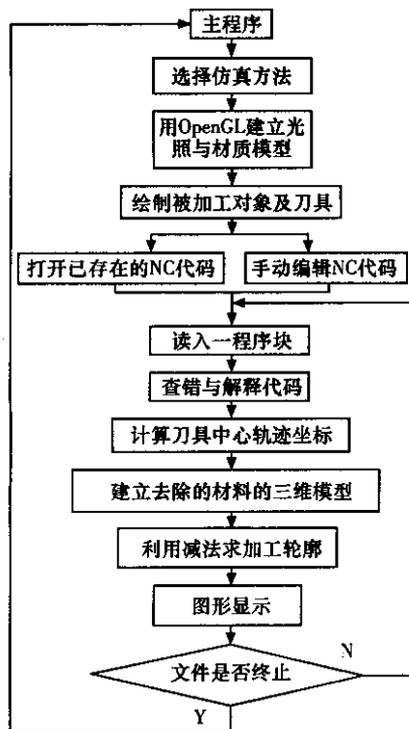


图2 加工仿真程序流程

### 3 实体的建模

OpenGL 提供了十几个三维实体模型的辅助库函数,这些函数在 aux 库中。常见的简单模型如球体、立方体、圆柱体等都可以直接使用这些函数绘制。但是,在雕刻机的应用中出现的图形一般比较复杂,因此本软件中所有的模型都是通过组织一些小三角形和小矩形来形成的。

#### 3.1 确定实体的位置和尺寸

加工中对实体要求有很强的位置关系,而且在仿真的动画过程中这些关系在不断变化。OpenGL 提供了一些可对物体进行平移、旋转和缩放的函数,如平移函数 void glTranslatef(GLfloat x, GLfloat y, GLfloat z),可以使物体沿 X、Y、Z 轴任意平移。采用正交投影变换,由函数 void glOrtho(GLdouble left, GLdouble right, GLdouble bottom, GLdouble top, GLdouble near, GLdouble

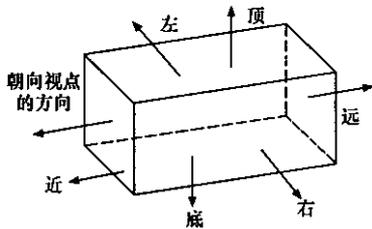


图3 正交投影原理

far)来定义一个各面都为矩形的六面体。如图3所示。在程序中判断加工坐标的最大和最小值,根据视图区的大小

适当缩放这些坐标值。

#### 4.2 对去除掉的材料建模

对于割仿真,由于其刀具为圆柱形,所以刀具在被加工物体上划过的部分可以用一些小长方体来模拟。每次读出刀具轨迹上的三个点的坐标,应该为刀具走过的两段小矩形,画出第一段的小矩形。图4为加工槽的俯视图。

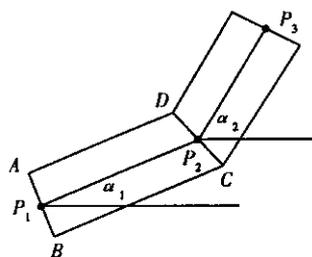


图4 加工槽的俯视图

$P_1$ 、 $P_2$ 、 $P_3$  为刀具中心走过的轨迹, $\alpha_1$  和  $\alpha_2$  分别是  $P_1P_2$ 、 $P_2P_3$  与水平线的夹角,AD 与 BC 之间的距离为刀具的直径  $R$ 。由以上条件可以求出 C 点和 D 点的坐标值:

$$x_c = P_{2x} + \frac{R}{2 * \sin(\frac{\pi - \alpha_1 + \alpha_2}{2})} * \cos(\frac{\pi - \alpha_1 - \alpha_2}{2})$$

$$y_c = P_{2y} - \frac{R}{2 * \sin(\frac{\pi - \alpha_1 + \alpha_2}{2})} * \sin(\frac{\pi - \alpha_1 - \alpha_2}{2})$$

$$x_d = P_{2x} - \frac{R}{2 * \sin(\frac{\pi - \alpha_1 + \alpha_2}{2})} * \cos(\frac{\pi - \alpha_1 - \alpha_2}{2})$$

$$y_d = P_{2y} + \frac{R}{2 * \sin(\frac{\pi - \alpha_1 + \alpha_2}{2})} * \sin(\frac{\pi - \alpha_1 - \alpha_2}{2})$$

A 点和 B 点的坐标值根据相同的算法由前一点的坐标来计算。再由刀具插入被加工材质的深度可以计算出内部四个顶点的坐标。这样,每一段小长方体的八个顶点的坐标都可以计算出来,计算小长方体每个面的法线,即可由这些顶点组成实体。利用命令 void glNewList( GLuint list, GL\_COMPILE)创建该实体的列表。显示列表是预先存储并经过 OpenGL 动态编译过的 OpenGL 命令,在重绘每一场景时调用显示列表能非常有效地提高执行效率。最后,利用实体的减法运算可以得到刀具走过的轨迹。刻仿真与割仿真的原理相同,区别在于用小三棱柱来代替前面的小长方体。

### 4 动画的实现

实现动画的一个重要问题是显示连续、无跳动和闪动的问题。对于该问题,OpenGL 提供的一个解决办法是采用双缓存技术。当前视频缓存称为前台视频缓存(Front Buffer),不可见的正在画的视频缓存称为后台视频缓存(Back Buffer)。当后台视频缓存中的内容被要求显示时,OpenGL 就会将它拷贝到前台视频缓存。显示硬件则不断地读可见视频缓存中的内容,并把结果显示在屏幕上。这里,用函数:;SwapBuffers(m\_hDC)来实现。即使使用双缓存技术,仍然不能去除由于擦除屏幕背景所引起的闪动。因此,在实现动画的过程中去掉了 Visual C++ 中擦除背景的系统处理函数,即改写 View 类的 OnEraseBkgnd 函数。

(下转第 140 页)

或断路器直接控制系统上电和下电。合理的方法是:上电时利用一次电源和二次电源的输出使能控制端和软启动功能,让工作电压慢慢地建立;下电时通过使能控制端关闭电源,利用电源输出端口处的电容器让工作电压慢慢下降。

(2)大系统的各个部分应分时上电和下电,尽量减小输电母线上的电流变化率。

(3)负载分时投入和撤出,并要求主机系统的 Reset 命令和 Shutdown 命令分片、分时发出。

(4)在插件板的供电母线入口处加装瞬态电流抑制电路(如热插拔控制器 LT1640/1641),抑制插件板初始上电时的电流冲击。

(5)根据具体情况,在电源模块的输入、输出端和控制端加装肖特基二极管(反向安装)和瞬态电压抑制二极管,防止尖峰脉冲电压和反电势损坏电源。

(6)必要时可在电路中加入阻容吸收回路,用以抑制可能出现的极窄尖脉冲。

(7)电路设计和工艺设计时要考虑如何减少电路间地线耦合、平行线耦合及空间耦合的影响,特别是减少具有高 di/dt 和 dv/dt 的电路对其他部分的影响。

(8)重视 DC/DC 电源模块与 PCB 板的连接问题。

## 5 结束语

高性能计算机比较适合采用中间总线式电源架构和交流分布式电源架构。前者因未将交流电引入主板所在的机箱而具有较高的安全性,而且系统输电线路比较规整;后者具有成本低的优势。高效率、高功率密度的分比式电源架构仍在研发中,有可能成为一种被广泛采用的供电方式。

对 DC/DC 电源的评估是一项复杂而容易出错的工作<sup>[4]</sup>,不仅需要借助于专用的仪器设备,还必须对计算机的供电要求和电源的实际应用环境有比较全面的了解。

### 参考文献:

- [1] Ken Lau. 突破传统的分布式电源结构—Factorized Power Architecture[A]. Proc 2003 Power Module Technology-Focus Conf(PMT'03)[C]. 2003. 30-32.
- [2] George Madden. 高性能 ASIC 与微处理器供电方案[J]. 今日电子,2003,(电源增刊):11-12.
- [3] Xiaogang Feng, Jinjun Liu, Fred C Lee. Impedance Specifications for Stable DC Distributed Power Systems[J]. IEEE Trans on Power Electronics,2002,17(2):157-162.
- [4] Hengchun Mao. Selection and Application of DC-DC Power Modules[A]. Proc 2003 Power Module Technology-Focus Conf(PMT'03)[C]. 2003. 94-97.

(上接第 123 页)

```
BOOL  
CAutoView::OnEraseBkgnd(CDC * pDC)  
{  
    return TRUE;  
}
```

以上两种操作可以比较好地解决显示连续、无跳动和闪动的问题。

图 5 是对一个雕字的 G 代码进行编译。通过前面所

介绍的技术建立刀具走过的路径,最后通过实体的减法运算形成图 5 中的图形。



图 5 仿真加工实例

## 5 结束语

基于 OpenGL 的数控雕刻机加工仿真系统可以动态、直观地绘制刀具加工运动轨迹,快速、高效、经济地校验 NC 代码的正确性。本系统操作简单,操作人员可以对仿真结果进行旋转、平移、缩放等操作,可以任意角度、多方位地观察仿真结果。

### 参考文献:

- [1] 向世明. OpenGL 编程与实例 [M]. 北京:电子工业出版社,1991.
- [2] Richard S Wright, Jr Michael Sweet. 潇湘工作室译. OpenGL 超级宝典. 第二版[M]. 北京:人民邮电出版社,2001.
- [3] 余斌,刘荣忠. 基于 OpenGL 的数控加工仿真系统研究[J]. 四川大学学报,2001,33(5):15-19.
- [4] 赵彬,贺永,傅建中. 基于 OpenGL 的数控加工三维仿真系统的研究与开发[J]. 机电工程,2003,20(5):9-11.

(上接第 135 页)

### 参考文献:

- [1] R B Peck. Deep Excavations and Tunneling in Soft Ground State-of-the-Art Reports[A]. 7th ICOSMFE[C]. 1969. 225-290.
- [2] 刘建航,侯学渊. 盾构法隧道[M]. 北京:中国铁道出版社,1991.
- [3] 殷宗泽,徐永福,张云. 盾构法隧道引起的地表变形分析[J]. 岩石力学与工程学报,2001,21(3):388-392.
- [4] A 瓦拉达拉贾恩. 印度地下建筑物的地质力学数值模拟[J]. 水利水电快报,2001,22(14):26-30.
- [5] 曾晓清. 地铁工程双线隧道平行推进的相互作用及施工力学的研究:[博士学位论文][D]. 同济大学,1995.
- [6] 孙钧,袁金荣. 盾构施工扰动与地层移动及其智能神经网络预测[J]. 岩土工程学报,2001,23(3):261-267.
- [7] 王小平,曹立明. 遗传算法—理论、应用与软件实现[M]. 西安:西安交通大学出版社,2002.
- [8] 张欣莉,丁晶,金菊良. 基于遗传算法的参数投影寻踪回归及其在洪水预报中的应用[J]. 水利学报,2006,(6):45-48
- [9] 黄晓峰,潘立登,陈标华,等. 实数编码遗传算法中交叉操作的效率分析[J]. 控制与决策,1998,13(增刊):496-499.