

铸造数值模拟专用CAD系统的研究与开发

惠 订, 陈立亮, 周建新, 廖敦明
(华中科技大学材料学院, 湖北武汉 430074)

摘要: 系统介绍了基于OpenGL的数值模拟专用CAD系统的研究及相关技术, 开发了铸造中所需的浇注系统、冒口、冷铁等模块。实际应用表明, 该系统具有稳定性好、界面友好、操作简单等优点, 可方便铸造工艺的修改, 有力地推动了数值模拟技术的实用化。

关键词: 数值模拟; STL; OpenGL; 实体

中图分类号: TP391.9 文献标识码: A 文章编号: 1001-4977(2007)01-0053-03

The Research and Development of CAD System Specified for Casting Numerical Simulation Software

HUI Ding, CHEN Li-liang, ZHOU Jian-xin, LIAO Dun-ming
(College of Materials Science and Engineering, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, Huber, China)

Abstract: The research and technique for developing CAD system specified for numerical simulation based on OpenGL was introduced by this paper. This research designs the gating systems, risers and chills module. It is indicated that this system has many advantages such as high stability and safe, friendly interface and simplicity of operation, and the practical application of the numerical simulation technology was promoted effectively.

Key words: numerical simulation; STL; OpenGL; solidification modeling

目前, 企业间的竞争越来越激烈, 生产成本和生产技术成为企业兴衰成败的重要因素。各种传统工业也开始大力引进高科技技术, 来提高生产效率和降低生产成本。而各种CAE数值模拟软件的广泛应用, 则为传统铸造行业注入了新的活力。

CAE数值模拟软件基本由三大模块组成: 前置处理、计算分析和后置处理, 其中前置处理是CAE数值模拟软件的一个重要模块, 它也是进行数值计算、分析的前提和基础^[1]。

通常, 人们用Pro/E、UG等三维造型软件进行铸件的设计, 并以STL文件格式输出, 然后用CAE数值模拟软件对铸件加工工艺进行分析; 分析完毕, 如果需要对铸件的加工工艺进行修改, 则需再次返回到Pro/E、UG等三维造型软件中; 修改完成后, 再次进入CAE系统进行模拟分析。然而, 在实际生产中修改铸件结构的可能性很小, 大量的工作是对浇注系统、冒口、冷铁等加工工艺进行修改^[2]。针对此种情况, 本系统开发设计了铸造数值模拟中常用的浇注系统、冒口、冷铁等设计模块, 及其三维CAD系统的一些基本操作。大大减少了CAE数值模拟软件对Pro/E、UG等三维造型软件的依赖性, 提高了工作效率。

1 系统设计及开发

传统的Windows GDI (Graphic Device Interface) 绘图方式限制了动画的帧速率, 不能高速刷新屏幕, 难以实现三维CAD的各种操作; 针对这些问题, 本系统采用OpenGL图形技术, 很好地实现了各种功能。

1.1 数据读取和显示

STL (Stereolithography) ^[3]是美国3D System公司开发的用于快速原型制造 (RPM) 技术的一种文件格式。该文件格式用很多的三角形平面片逼近三维实体的表面, 三角平面片越多, 对实体表面逼近的精度就越高。STL文件有文本和二进制两种格式, 可方便对其进行存取。

由于STL具有文件结构简单, 精度容易控制, 并且被大多数的三维CAD造型软件所支持等优点, 使其成为众多数值模拟软件首选的文件格式。

在本系统开发过程中, 使用数据结构来存储和描述STL数据:

```
typedef struct STLTriangle{  
    float Normal[3];  
    float Point1[3];
```

```
float Point2[3];
float Point3[3];
};
```

其中, Normal[3]表示三角面片的法矢量, Point1[3]、Point2[3]、Point3[3]表示组成三角面片三个顶点的坐标, 整个数据结构的大小为48个字节。

另外, 本系统使用数据链表来存储和描述系统自定义的MDL文件格式数据:

```
typedef struct MDLData{
    float Geometry[15];
    float Normal[3];
    float Point1[3], Point2[3], Point3[3];
    STLTriangle * Prior;
    STLTriangle * Next;
};
```

其中, Geometry[15]表示实体模型的几何信息, Normal[3]表示三角面片的法矢量, Point1[3]、Point2[3]、Point3[3]表示组成三角面片三个顶点的坐标, 整个数据结构的大小为108个字节。

本系统将Pro/E、UG等三维造型软件生成的STL文件数据或MDL文件数据读入, 并用OpenGL技术进行场景渲染和三维模型的显示, 图1为系统主界面。系统提供了一个友好的显示和操作界面, 便于用户对三维实体进行实时观察和各种操作。

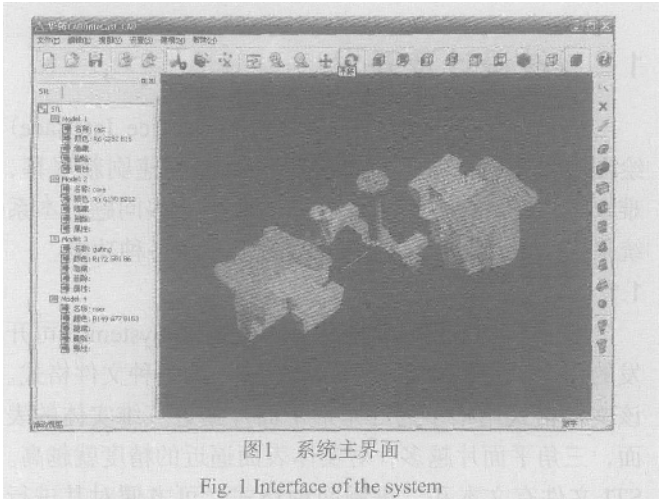


图1 系统主界面
Fig. 1 Interface of the system

1.2 生成三维实体

设计开发一个三维实体造型系统, 关键问题是如何在计算机内表示一个物体。目前最常用的方法有边界表示法 (B-rep)、实体几何造型表示法 (CSG)、扫描表示法、单元分解法及基于特征的表示法^[4]。虽然这些算法已经基本成熟, 但由于在基本几何形体生成三维实体的过程中要进行大量的交、并等布尔运算, 则会导致算法设计复杂, 维护性差等问题。

OpenGL是一种比较“纯粹”的3D图形API, 一般仅用于三维图形的渲染。为克服上述问题以及充分利用OpenGL技术的特点, 本系统根据边界表示法思想,

开发设计了自己三维实体造型算法。此算法流程简单、速度快、可维护性和重用性好, 完全符合面向对象程序设计思想。根据铸造工艺的特点, 系统开发设计了铸造中常用的浇注系统、冒口和冷铁等设计模块, 可以参数化地生成用户所需浇注口部件^[4]。

利用OpenGL的glReadPixels()和gluUnProject()等API函数, 系统设计了鼠标拣取算法, 可准确地获取物体表面的三维坐标值^[5-6]。在三维物体表面的任何地方, 可以建立局部坐标系, 从而方便地进行三维实体的创建, 并可动态地改变鼠标拣取位置。同时, 为了提高定位的精确性, 设计了参数输入功能, 用户可以准确地给定三维空间的一点来创建实体。实体创建完成后, 如果不符合浇注工艺要求, 可双击该实体返回到特定的设计模块进行修改^[7]。图2是某常用冒口参数设置界面。

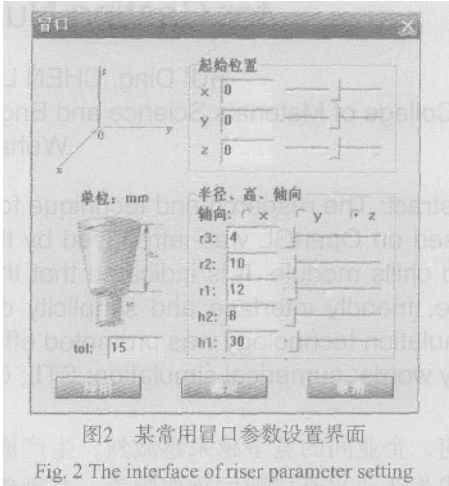


图2 某常用冒口参数设置界面
Fig. 2 The interface of riser parameter setting

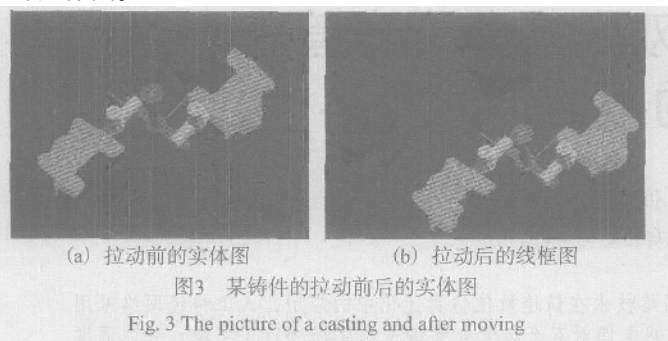
1.3 数据存贮

OpenGL首先要求多边形的边不可以相交, 其次多边形必须是凸的。为了使系统生成的图形能够正确地、准确地显示, 本系统将所生浇注口等三维几何实体离散化为三角面片, 来逼近真实物体, 并设计相应算法为每个三角面片计算出法矢量。由于不同铸造用户所需要的精度不同, 所以在三角面片化时, 可根据需要设置相应参数来控制生成三角面片的数量。造型完成后, 用户可根据需要将多个实体导出为一个STL文件, 或将每个实体导出为一个STL文件。也可将所有三维实体保存为一个MDL文件, 这样可保存三维实体的几何信息以及实体间的相互关系^[4]。

1.4 交互操作

在本系统中, 为了使用户更好地观察三维实体彼此间的空间关系、相对位置等, 开发设计了鼠标拉动技术。用户可以选中某个实体, 按住鼠标可将实体拉动到用户期望的位置, 然后可选择视图操作, 从不同的角度观察实体^[8-9]。另外, 用户可从不同的角度, 动态地切割实体, 方便地对三维模型进行实时的旋转、缩放、平移、选取, 删除及各种视图的切换, 修改单个实体的颜色、材质和光照等参数。该技术极大地方

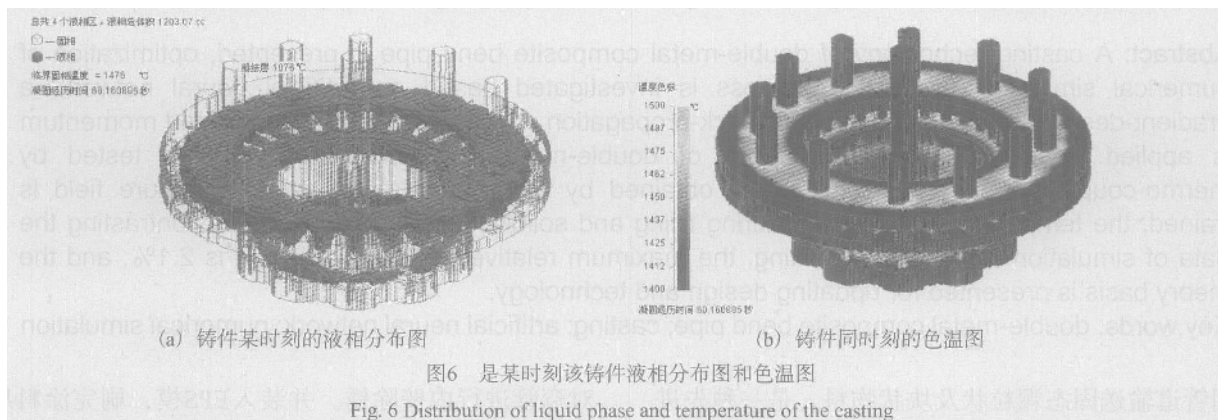
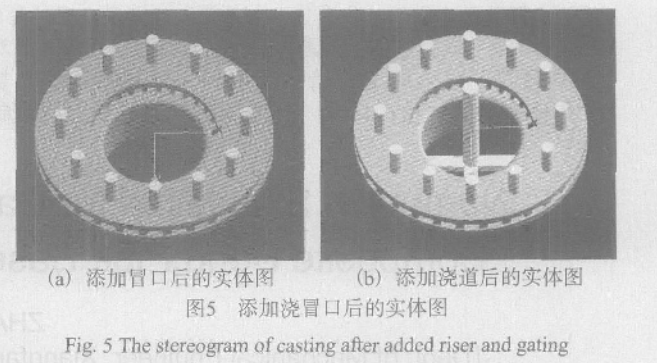
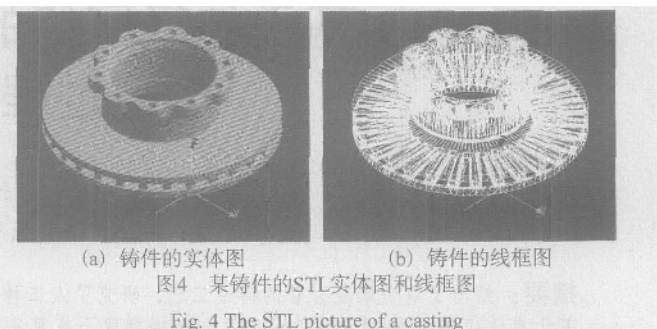
便了用户对三维实体的操作。图3是某铸件的拉动前后的实体图。



2 应用实例

由于实际生产中铸件具有不同程度的复杂性, 所以一般由专业的三维造型软件来完成铸件的设计, 然后, 将铸件保存为STL文件, 导入该系统。图4是某工厂的一个铸件的实体图和线框图。进入造型模块, 调整铸件的角度, 选择所需的浇冒口或冷铁, 然后利用鼠标拣取或用户输入三维空间位置, 设置相应参数。图5是添加浇冒口后的实体图。利用“华铸CAE”凝固

模拟软件对添加浇冒口后的铸件进行凝固模拟。图6是某时刻该铸件液相分布图和色温图。



此外, 利用该系统曾对东风汽车厂的曲轴、洛阳矿山机械厂的机架等多个铸件, 添加浇冒口和冷铁并进行凝固模拟; 实践结果证明: 该系统所添加的浇冒口和冷铁与其它三维造型软件所设计的浇冒口和冷铁具有同等的效果, 并且在整个操作过程中可缩短30%以上的时间。

3 结论

在本系统中, 应用OpenGL技术进行场景渲染、实体显示、造型及其它交互式操作。系统具有良好的稳定性, 友好的操作界面, 可以生成如浇注系统、冒口、冷铁等常用铸造工艺组件。该系统与Pro/E、UG等专业三维造型系统相配合, 可以高效地完成铸造工艺的设计、修改、优化, 从一定程度上减少了CAE凝固模拟软件对CAD三维造型软件的依赖性, 具有很高实用价值。

参考文献:

[1] 杨宏, 刘瑞祥, 林汉同. 铸造CAE系统前处理模块的研究[J]. 铸

造, 2000 (11): 853- 837.

- [2] 肖荣存, 陈立亮, 刘瑞祥. 铸造冒口CAD设计模块的研究开发[J]. 特种铸造及有色合金, 2000 (1): 42- 44.
- [3] DAVE Shreiner, MASON Woo, JCAKIE Neider, 等. OpenGL Programing Guide[M]. 北京: 中国电力出版社, 2005.
- [4] 赵敏海, 王亚芬. 基于OpenGL组合体造型系统研究[J]. 哈尔滨理工大学学报, 2001 (3): 47- 49.
- [5] 刘力强, 周明全, 耿国华. 一种平行透视下的三维拾取方法[J]. 西北工业大学学报, 2002, 32 (1): 39- 42.
- [6] 徐雪松. STL模型表面点快速拾取技术[J]. 工程图学学报. 2005 (3): 18- 22.
- [7] 郭燕利, 胡建军. 利用OpenGL三维图形库进行三维实体造型[J]. 微型电脑应用, 1998, (9): 93- 96.
- [8] EDWARD Angel. Interactive computer graphics[M]. 北京: 清华大学出版, 2006.
- [9] 李义连. 利用OpenGL技术进行交互式CAD设计[J]. 微型电脑应用, 1999 (9): 20- 22.

(编辑: 曲学良, qxl@foundryworld.com)