DOI:10.16410/j.issn1000-8365.2019.09.017

基于 Unity3D 的铸造数值模拟后处理显示系统开发

陈云祥[1],丁　磊[2],童自谦[3],林　波[1],廖敦明[2],潘祖强[4]

(1. 浙江机电职业技术学院,浙江 杭州 310053; 2. 华中科技大学 材料科学与工程学院,湖北 武汉 430074;3. 杭州汽轮铸锻有限公司,浙江 杭州 311106;4. 浙江集思铝业有限公司,浙江 杭州 311401)

摘　要:近年来铸造数值模拟技术随着计算机技术的发展而被广泛运用,但与用户接触最多的后处理显示系统却没有很大的技术更新。基于虚拟现实(Virtual Reality,VR)技术开发了一款新型的铸造后处理显示系统,能流畅对接各类模拟计算结果文件,能对铸件温度场、液相、缺陷等进行显示,具备视角切换、剖切显示等功能,显示效果良好,比传统后处理显示模块有明显提升,且操作便捷,易于维护和修改。

关键词:铸造数值模拟;后处理显示;Unity3D;虚拟现实技术

中图分类号:TG2　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1000-8365(2019)09-0952-05

Development of Post-processing Display System for Casting Numerical Simulation Based on Unity3D

CHEN Yunxiang[1], DING Lei[2], TONG Ziqian[3], Lin Bo[1], LIAO Dunming[2], PAN Zuqiang[4]

(1. Zhejiang Institute of Mechanical & Electrical Engineering, Hangzhou 310053, China; 2. School of Materials Science and Engineering, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China; 3. Hangzhou Turbine Casting & Forging Co., Ltd., Hangzhou 311106, China; 4. Zhejiang GIS Aluminum Co., Ltd., Hangzhou 311401, China))

Abstract:In recent years, the numerical simulation technology of casting had been widely used due to the rapid development of computer technology, but the post-processing display system with the most contact with users had not been greatly updated. Based on Virtual Reality (VR) technology, a new post-processing display system for casting is developed. which can smoothly connect all kinds of simulation calculation result files, display casting temperature field, liquid phase, defect, etc., and have functions such as angle of view switching, cutting display, etc. The display effect is good, significantly improved than the traditional post-processing display module, and easy to operate, easy to maintain and modify.

Key words: casting numerical simulation; post-processing display; unity3D; virtual reality technology

近些年,得益于计算机技术的发展,铸造数值模拟技术在工业生产中被广泛运用,但是与用户接触最多的后处理显示模块,却没有很大的技术更新[1]。大多数主流的数值模拟软件后处理显示模块,由于开发较早,应用的显示技术或者图形引擎都较传统,存在显示效果差、界面风格老化、后期维修与开发难度大等问题[2,3]。因此,为顺应新时代的发展,改善后处理模块的显示效果以及图形技术,本文通过实验室近些年开发虚拟现实项目所积累的技术经验,开发出了一款基于虚拟现实技术的后处理显示系统。

本文基于 Unity3D 虚拟现实平台,使用由芸峰 CAE 模拟计算铸件凝固过程得到的温度场数据,进行相应的后处理显示模块功能研发。通过模拟铸造过程产生的计算结果文件进行解析,构建铸件的网格模型并赋予各自网格相应时间点的温度场数据[4]。在此基础上,利用材质灯光渲染技术,使模型以及温度场颜色的显示更加清晰、均匀、艳丽,另外还开发了视角转换、放大缩小、剖切显示、缺陷预测等一系列通用功能。所开发的后处理显示模块,显示效果对比其他数值模拟软件后处理显示模块有了较大的提升,且后期能开发出连接 VR 眼镜和头盔的虚拟观察环境,对于铸造数值模拟结果的显示方式和显示效果有了一定的扩展和进步[5]。

收稿日期:2019-08-06

作者简介:陈云祥(1964-),浙江衢州人,学士,副教授.研究方向:铸造工艺设计.电话:13958006825,E-mail:chyx-zy@163.com

通讯作者:林　波(1985-),浙江温州人,硕士,讲师.研究方向:铸造工艺及计算机模拟.电话:15868133038,Email:zjfoubdry008@163.com

1　系统开发需求分析及相关理论技术

1.1　系统开发需求分析

后处理显示系统开发，归根结底也是进行软件项目的开发，然而为了避免开发过程中产生风险，提高软件的开发效率与软件质量，在启动开发之前，需要先对该系统的开发需求进行一个正确的分析，通过与从业人员以及相关专业人员的讨论，明确开发的需求，从而确定所要开发的内容[6]。

根据开发需求分析所得，确定系统的开发目的、功能设计、目标用户以及操作方式等内容，如图1，在清楚开发的目的和内容之后，才能对系统开发进行整体的规划，设计系统的功能框架和界面风格。

1.2　相关理论技术

所要开发的是一套基于铸造数值模拟软件的后处理显示系统，因此首先需要掌握数值模拟软件的操作流程，在此选用芸峰 CAE 软件进行开发，其能够根据设置的参数条件，结合铸件以及铸型等部件，计算出铸造过程中温度场、流动场、应力场等多种数据[7]，并结合这些数据分析判断铸件的缺陷。

除了要掌握数值模拟软件的操作流程，还需掌握计算机二进制格式的读取，因为计算所产生的结果文件都是二进制数据文件，要对结果进行读取并显示，就必须掌握二进制文件的数据结构，才能编写相应的数据接口脚本。

模拟铸件的温度场，首先需要对铸件、冒口、浇道、冷铁等部件进行三维建模与装配，并导出成数值模拟软件支持的 STL 格式，选择建模功能强大的 NX 软件[9]。

完成建模以及模型导出之后，则需要在芸峰 CAE 软件当中进行铸件的凝固过程模拟，并生成各类计算结果文件，这些数据文件后面系统开发过程中需要用到。

最后，基于 Unity3D 平台进行系统开发。Unity3D 开发引擎的底层逻辑是由开发者通过编写 C/C++ 脚本实现的，然后通过 Mono 为基于此平台开发其他项目的开发者提供了一套完整的 C# 接口，使得项目开发者能够使用更加高效的 C# 语言进行开发，并轻易的调用系统的相关资源和组件。C# 作为脚本语言，它易于学习，代码维护方便，使得开发成本低，速度快[10]。

1.3　系统的开发方案

选用一个简单的铸件作为例子进行功能的开发与测试，该铸件是在 NX 里面构建的，并导出成 STL 格式文件。然后在芸峰 CAE 里面进行模拟计算，模拟铸件的凝固过程，得到计算的结果文件。接着在 Unity3D 里面编辑能够读取各类数据文件的脚本文件，首先是读取 CAST.wg 文件构建铸件的模型，然后依次读取剩余类型文件并设置各项参数以及显示效果，所有文件读取脚本编辑好之后，就要开发整个系统的数据接口，使其能够打开并接入计算机的文件，最后将各功能挂载到界面各按钮上，完成界面的布局，完成系统的测试并发布，整个开发方案如图2。

2　后处理显示系统的设计与准备

2.1　功能框架设计

功能框架是这类工具软件的主体，在设计系统功能之前，先对目前市场上主流的铸造数值模拟软件功能框架进行了梳理、对比分析之后，总结出各大后处理模块的主要功能模块，主要包括温度场显示、视角转换、模型旋转、液相分析、缺陷分析、模型剖切等功能，功能框架如图 3。

2.2　文件数据格式处理

开发铸造数值模拟后处理显示系统，前期最主要的就是要读取计算分析模块所产生的计算结果文件，只有掌握了计算结果文件的数据格式，才能编写

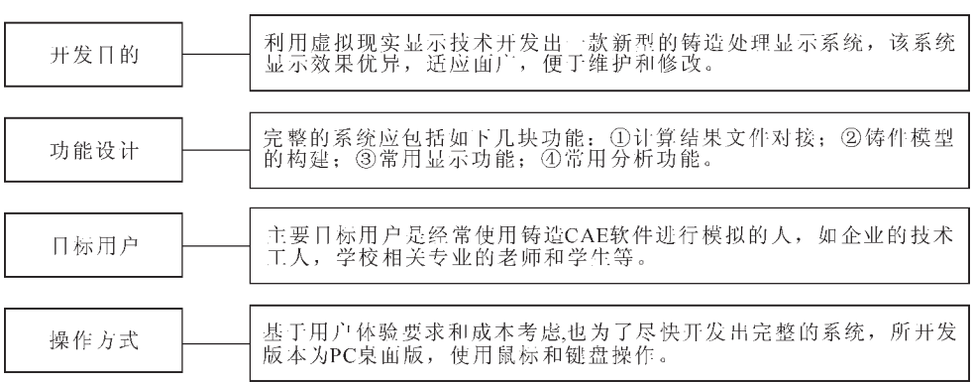


图 1　系统开发需求分析

Fig.1　System development requirement analysis

图 2 系统开发方案
Fig.2 System development scheme

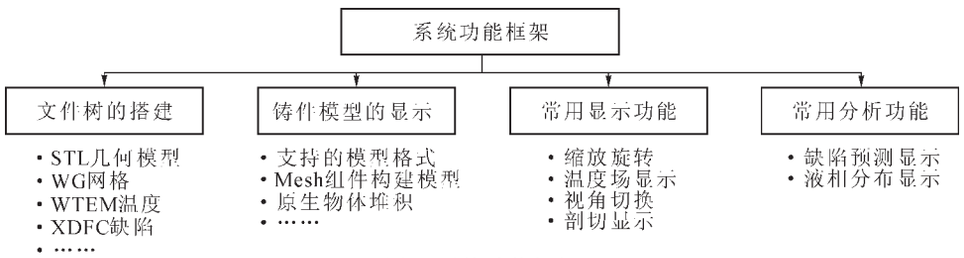


图 3 系统功能框架
Fig.3 System functional framework

数据导入接口,对数据进行分析处理,最后在软件窗口中显示出来,并设置各种显示功能。所以在开发之前,要对芸峰 CAE 数值模拟软件模拟铸件凝固过程所产生的.xtem、.xdfc、.wg、.dat 等文件进行数据分析。

3 后处理显示系统的开发与展示

3.1 系统功能开发

(1)打开文件功能 由于该系统是独立的软件,需要支持并能兼容相关的数值模拟计算结果文件,那么设置一个文件的入口是很重要的。使用 Unity3D 里面的 OpenFileName 类脚本,打开并导入该文件数据和其他与之相关的计算结果文件数据到系统当中,供后续功能的使用。

(2)铸件模型构建 Unity3D 不支持 STL 格式模型,而常用的利用顶点坐标构建三角面片搭建模型的方法,存在两个问题,一是铸件顶点过多,三角面片构建难度大,且数据重复多次易产生错误,二是要开发剖切显示功能,而由三角面片构成的模型,是无法进行剖切的。参考有限差分的剖分原理,利用 Unity3D 自带的 Cube(立方体)模型,堆积显示出铸件的模型,显示的铸件模型如图 4。

(3) 温度场显示 创建完模型,接下来利用.xtem 温度场文件,显示出铸件凝固过程的温度场。这里需要注意的是要将网格和其温度对应准确,然后根据温度设置网格的颜色,显示出温度场。开发了利用鼠标触发网格,使其在界面上方显示具体网格的温度的功能,如图 5。

(4)铸件剖切显示 剖切显示是显示模块较为

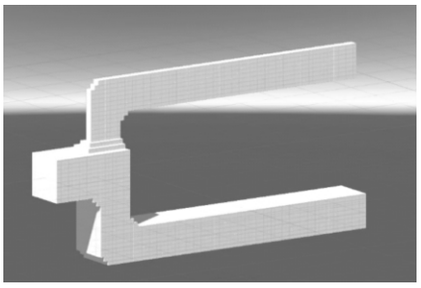


图 4 堆积显示的铸件模型
Fig.4 Stacking displayed casting model

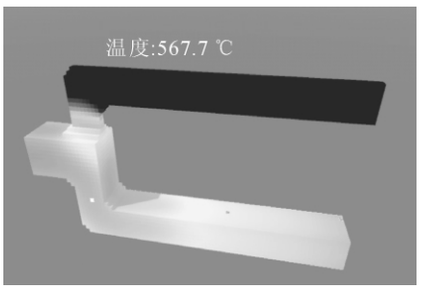


图 5 某一网格温度显示
Fig.5 Temperature display of one grid

常见的一个功能,由于铸件结构往往较为复杂,涉及到一些孔、洞或者复杂结构,单纯的旋转缩放并不能有效的观察到铸件各个部位的铸造模拟情况,这时就需要剖切显示功能。通过去除一些部位,让剩余部位完整的显现出来,方便使用者对复杂部位或者铸件内部模拟结果进行精准的观察和判断,剖切设置界面如图 6。

(5)液相分布显示 对于铸件的凝固过程来说,液相的分布也能反映出铸造方案的可实施性以及最终缺陷的分布状态,按照.dat 文件,铸件的液相温度是能够确定的。凝固过程中金属就是固态、固液混

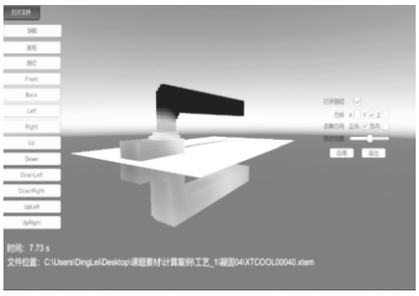


图 6 剖切设置界面
Fig.6 Section setup interface

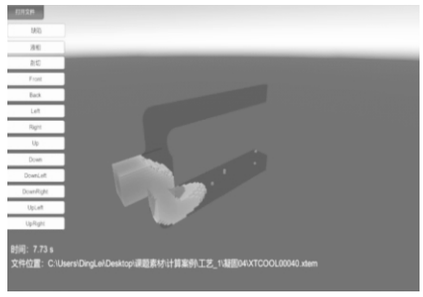


图 7 铸件液相分布显示
Fig.7 Casting liquid phase distribution display

合、液态 3 种状态，低于固态温度的网格理论上都是固态的，所以只要将这部分网格筛选排除，剩下的都是液态或者固液混合状态的网格了，液相分布如图 7。

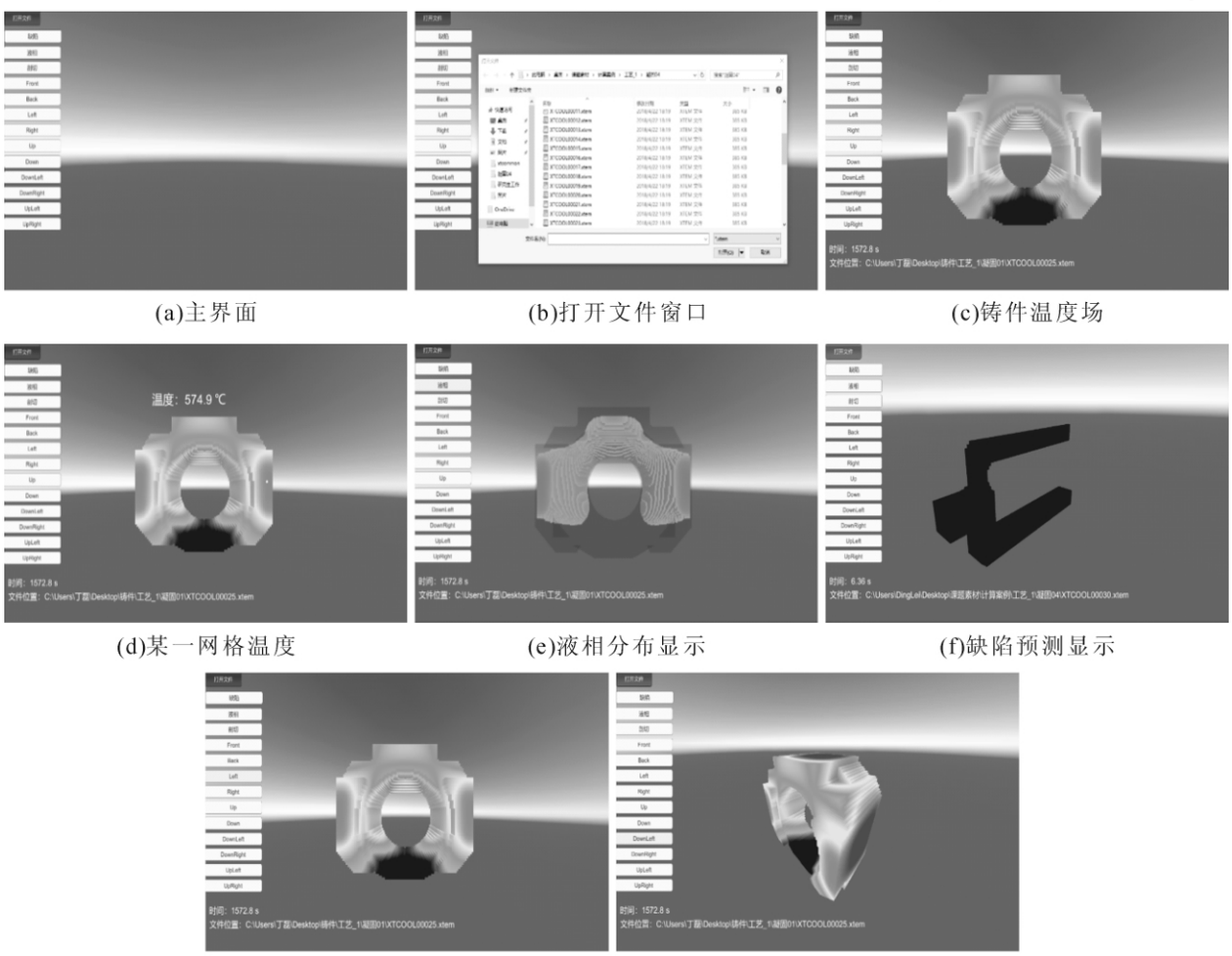
(6)视角切换控制　作为后处理显示系统，基本的观察操作以及常用的观察视角是必须具备的，而这些视角的切换和控制，主要是通过控制相机的运动实现的。Unity3D 自带相机，可以调节相机的位置、角度、视野范围等等参数，并能通过脚本进行控制。

3.2　系统界面实现

开发的铸造数值模拟后处理显示系统，主要目标用户是相关专业老师学生以及铸造行业相关人员，主要目的是为了推进后处理显示系统的技术革新，完成各项功能的开发及实践，并不是为了商业化的运作，因此界面风格较为简洁明了，也无需账户密码登录以及安全加密等功能，主要的系统界面，都是按照 Unity3D 自带的 UI 组件以及初始设置进行开发的。

3.3　系统成果展示

所开发的铸造数值模拟后处理显示系统，依托先进的虚拟现实显示技术，凭借 Unity3D 平台出色的开发能力和强大功能，开发出了功能完善、显示效果优异的 PC 客户端版本，部分功能演示如图 8。



(a)主界面　(b)打开文件窗口　(c)铸件温度场

(d)某一网格温度　(e)液相分布显示　(f)缺陷预测显示

(g)正视图　(h)正轴测视图

图 8 后处理显示系统展示
Fig.8 Display of post-processing display system

4 结束语

设计并开发了基于虚拟现实技术的铸造数值模拟后处理显示系统，实现了多种显示功能，不仅增强了模拟结果的显示效果和显示精度，还扩展了显示方式，为 VR 技术与铸造 CAE 模拟的紧密结合提供了一定的参考与借鉴意义。

记录了开发的全过程和使用的相关理论和技术，总结如下：

(1)对铸造数值模拟后处理显示系统的开发需求进行研究，明确系统的开发目的、功能分析、目标用户和操作方式。

(2)基于数值模拟计算结果文件进行分析，掌握各类二进制文件的数据格式，利用 Unity3D 强大的编程模块进行数据接口开发，导入计算数据并进行筛选处理。

(3)开发了各类显示功能，显示效果良好，操作简单，功能强大，后续还能发布多个平台，并能够与 HTC VIVE 等虚拟现实设备相结合。

参考文献：

[1] Sun Fei, Zhang Zhaochuang, Liao Dunming, Chen Tao, Zhou Jianxin. A lightweight and cross-platform Web3D system for casting process based on virtual reality technology using WebGL[J]. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2015, 80(5): 801-816.

[2] Sun Fei, Liao Dunming, Zhang Zhaochuang, Chen Tao, Zhou Jianxin. Application of Virtual Reality Technology Based on the Network to the Casting Production Process [C]. Proceedings of the 1st International Symposium on Nonferrous Alloys and Special Casting Technologies. Shanghai, China, 2014:177-181.

[3] 廖敦明，张兆创，孙飞，等. 基于 WebGL 的铸造虚拟实验教学系统的研发[J]. 中国现代教育装备, 2017(5):4-8.

[4] 李秀，吴和保，范淑媛，等. 冲压成形虚拟仿真实验系统构建与关键技术研究[J]. 建模与仿真，2017，6(4):195-201.

[5] 孟亚辉. 浅谈软件项目开发过程中的需求分析 [J]. 科技信息, 2009(11):43-44.

[6] 尹照根，刘瑞祥，周建兴，等. 凝固模拟图形系统中实时旋转和动态剖切的实现[J]. 铸造，2000，49(12):899-902.

[7] 王汝传，张登银. 虚拟现实中 3D 图形建模方法的研究[J]. 计算机辅助工程, 2000(4):25-30.

[8] Grillon C, Baas J M, Cornwell B, et al. Context conditioning and behavioral avoidance in a virtual reality environment: effect of predictability[J]. Biological Psychiatry, 2006, 60(7):752-9.

[9] Kockro R, Serra T Y, Chan C, et al. Planning and simulation of neurosurgery in a virtual reality environment. [J]. Neurosurgery, 2000, 46(1):118-137.