

基于 Vega 的建筑火场与结构火灾反应同步模拟

许镇 任爱珠

(清华大学土木工程系,北京 100084)

【摘要】建筑火场模拟方面的软件和结构火灾反应模拟方面的软件均可在各自领域实现很好的模拟,但是在建筑火场和结构火灾反应同步模拟上开发尚不到位。基于 Vega 的建筑火场与结构火灾反应同步模拟在本文开发的虚拟现实系统中得到实现。该系统是基于火场模拟软件 FDS 和有限元软件的后处理虚拟现实平台,一方面这两种软件的结果保证了模拟的科学性,另一方面这两种软件的结果又可以同步的在虚拟现实平台上得以展示。同步模拟的相关控制技术将被介绍,一个同步模拟的例子也将被展示。该系统提供了建筑火场与结构火灾反应之间的直观联系,相关技术可用作考虑结构危险程度的建筑火场逃生、扑救等虚拟训练。

【关键词】建筑火场;结构火灾反应;同步模拟

【中图分类号】 TP391.9 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1674-7461(2009)01-0063-04

引言

目前,建筑火场模拟成熟的软件有美国国家标准局(NIST)的 FDS,英国皇家学会的 PHOENICS,美国的 FLUENT 等^[1],在结构火灾反应方面成熟的软件有 ANSYS, ABAQUS, MSC 系列软件。利用这些成熟的软件的计算结果在虚拟现实平台上实现建筑火场与结构火灾反应的同步模拟,既保证了同步模拟的科学性,还可以用虚拟现实技术更加直观地展现火场与结构反应之间的发展过程和联系。

1 系统设计

该系统是基于虚拟现实软件平台 Vega 开发的后处理虚拟现实展现平台,是采用与 Vega 匹配的 Microsoft Visual C++ 6.0 开发平台开发的 MFC 应用程序,主要用来实现建筑火场和结构火灾反应的同步模拟。系统中,火场和结构火灾反应的发展过程会被同步展示,用户可以在两个场景中同步漫游。系统采用双屏同步展示火场场景和结构火灾反应场景,如图 1,需要单独展示火场或结构时,可以切换为单屏。为加强用户的沉浸感,系统画面可

以全屏显示单屏画面或双屏画面。

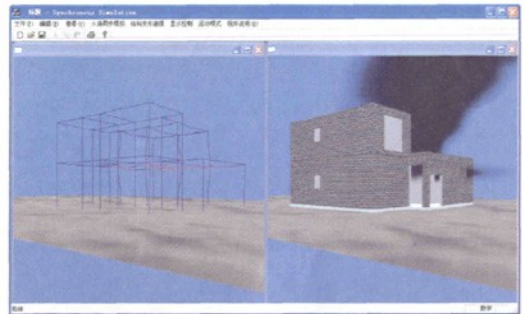


图 1 系统使用界面

本文采用 FDS 计算建筑火场的温度、烟气火情的蔓延情况,采用有限元软件 ABAQUS 进行建筑物的结构火灾反应计算。为保证计算的科学性,结构火灾反应计算是基于 FDS 温度场模拟结果进行的。然后将这两种软件的计算结果文件作为输入数据应用在系统中。此外,为了保证模拟的科学性,系统中建筑火场的建筑模型与 FDS 的建筑模型是相同的,均用 AutoCAD 创建。在系统内部,需要实现火场烟雾控制、结构变形控制、建立场景、同步控制等技术步骤才能实现同步模拟,系统整体的流程见图 2。

【作者简介】 许镇(1986-),男,博士生,从事建筑防火与计算机仿真研究,E-mail:martin31567@Email.com

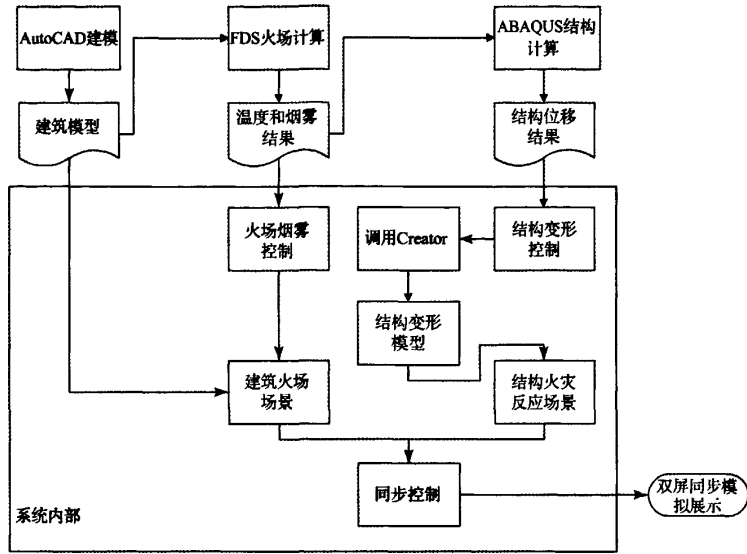


图2 系统实现整体流程图

2 关键技术

2.1 火场烟雾控制

在 Vega 平台中,火焰和烟雾都是作为特效处理的。火焰的可视化技术采用的是纹理循环渲染技术实现的,烟雾则是基于粒子系统原理实现的^[2]。在本系统中,火焰和部分烟雾的都是通过 Vega 的特效实现的,但是烟雾的蔓延效果是通过 FDS 的数据进行控制烟雾网格的方法实现的。

在 Vega 中,无论是纹理循环渲染技术还是粒子系统,直接控制烟雾的发展情况都是相当困难的。本系统将建筑火场划分为若干单元,在 FDS 中计算不同时刻各个网格的烟雾浓度,并输出相关文件^[3]。系统采用纹理循环渲染方式设置好网格的烟雾状态,网格的初始烟雾状态设为“关闭”。系统读入 FDS 的结果文件,当某时刻网格内的烟雾浓度达到所选阈值时,网格的烟雾状态设为“打开”,则模拟效果表现在该时刻为烟雾已蔓延到该网格内,见图3。

2.2 结构变形控制

系统采用结构变形情况来展现结构火灾反应,暂不考虑结构的内力情况。由于在 ABAQUS 中杆件用线段表示,输出的是点的位移坐标,所以系统同样采用线段来表示杆件,用点位移控制线段变形。

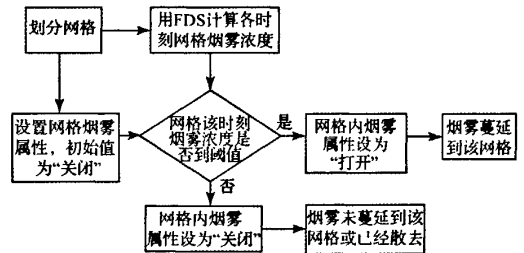


图3 烟雾蔓延控制方法流程

变形控制主要是通过 ABAQUS 的结果文件生成不同时刻对应的结构变形模型。本文采用与Vega匹配的建模软件 Creator 来建立模型。通过 ABAQUS 的输出文件和 Creator 共同建立结构变形模型的模块是包含在本系统功能中的。结构杆件首先被划分为若干细小的线段,根据 ABAQUS 输出的文件可以获得这些线段的端点的不同时刻的位置坐标,根据这些位置坐标在 Creator 中画线并且设置渐变色^[4]。线段的绘制和渐变色的设置主要通过 Creator 的 API 调用 mgSetAttList () 和 mgSet Coord3d () 等函数实现的。整个结构的在不同时刻变形情况都可以按照这种方法实现,见图4,红色越深表示变形程度越大。

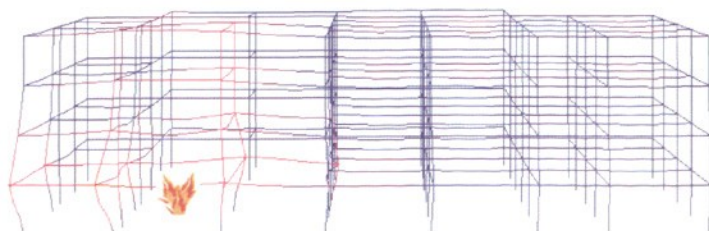


图4 结构变形控制方法实现的结构变形情况

2.3 时间同步控制

Vega 应用程序包括初始设置和主循环两部分,主循环对三维视景进行实时渲染驱动^[5]。实现建筑火场和结构火灾反应的同步模拟就是要在 Vega 主循环中实现同步渲染驱动。建筑火场和结构火灾反应发展过程要选取相同的时间间隔,这一间隔的大小决定了模拟的动态过程的精确程度。

对于建筑火场,FDS 网格烟雾密度要按这一相同的时间间隔输出,然后根据这一结果判断出每个时间间隔内蔓延的网格。在主循环中,在每一个时间间隔点上添加相应的网格的烟雾特效,就可以实现火场的烟雾蔓延的动态发展过程模拟。

对于结构火灾反应,通过有限元软件按照与烟雾输出相同步长的时间间隔输出节点位置坐标,然后根据这些坐标建立各时间间隔点上的结构变形模型。在主循环中,在每一个时间间隔点上加载相应的结构变形模型,就可以实现结构变形情况的动态发展过程的模拟。

虽然两种模拟采用的相同的时间间隔,但是由于在两个场景中相关技术执行所花费的时间是不同的,所以还需要引入时间控制机制。采用 Vega 的函数库提供的 VgGetTime() 函数可以获取进入主循环至当前时间点所经历的时间。通过 VgGetTime() 函数可以获得两种模拟在每个时间步长上所花费的实际时间,当某一时间步长上两种模拟的实际时间相差较大时,延缓一方使其保持同步。当达到模拟时间后,重现将时间步长调为起始值,模拟过程将从新开始,以实现循环模拟。

2.4 空间同步控制

在本系统中,空间同步模拟主要指同步漫游,即当用户在任一场景中的位置时,在另一场景中同样到达相同位置。要实现空间同步需要实现设置、模型、运动形式的一致性,而且要采用同一个控制设备。

Vega 中有“窗口”、“通道”、“场景”、“观察者”等

重要概念及相应设置项。为实现双屏同步模拟,这些设置项都需要被设置成两个,而且每个设置项的设置要保证一致。在火场中的建筑模型与结构模型的尺寸及加到的各自场景中的位置坐标也需要保持一致。两个场景中的运动模式也必须相同的。在 Vega 的模拟过程中,用户同时作为两个“观察者”观察两个“窗口”,同时用同一个控制设备以两个相同的运动方式对两个不同的场景进行漫游,如图 5 所示。

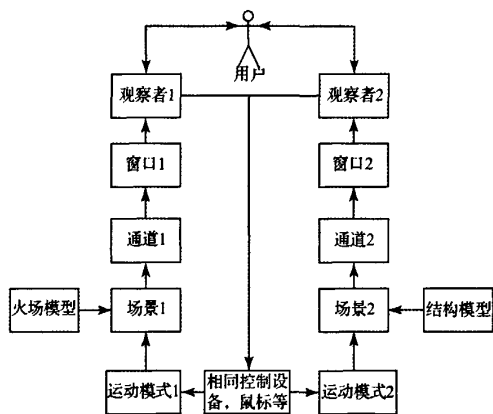


图5 在 Vega 中空间同步漫游实现流程图

3 应用算例

本文采用的算例是一个二层住宅,为轻钢框架结构。模拟一层客厅沙发着火引发的火灾,模拟时间为 15 分钟。钢骨未进行防火保护,与火源之间只隔着一层普通石膏板。为了明显表现结构的变形特点,变形被适当放大。

建筑火场和结构火灾反应的发展情况如下表:

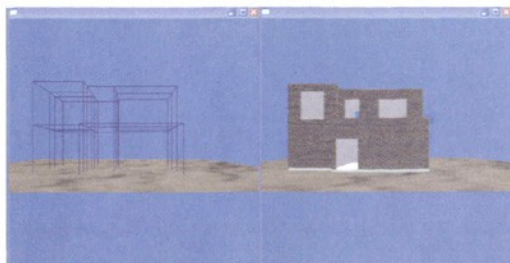


图6 结构变形和火场情况(1min 时)

注:刚刚起火,建筑场景只有少量烟雾从起火房间的窗口(建筑右侧墙体)冒出。结构升温不明显,尚未发生因升温引起的变形。

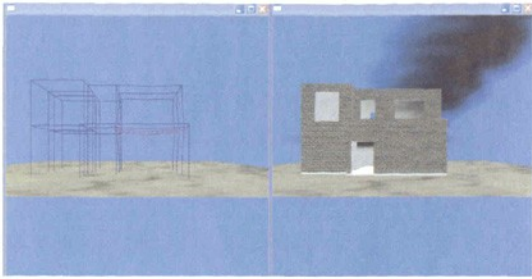


图7 结构变形和火场情况(8min时)

注:火势进一步发展,烟雾明显增多,在相邻房间窗口有大量烟雾流出。在受火房间内的梁柱已经发生了一定变形,部分节点红色比较凸显,说明变形较大。

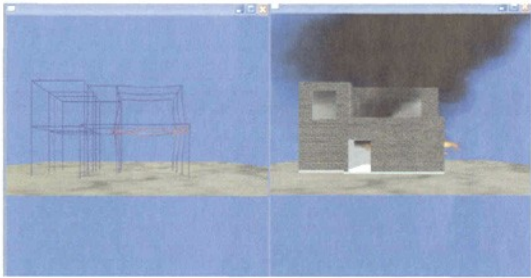


图8 结构变形和火场情况(15min时)

注:受火房间的火势已经完全发展起来,有向相邻房间蔓延之势,受火房间左右两侧已经明显看到窜出的火苗,烟雾已经蔓延到整个建筑,每个窗口都有烟雾冒出。结构受热变形明显,受火房间的部分梁整体变为红色,说明变形严重,部分柱侧向变形较大,结构面临坍塌的危险。

从上述模拟过程可以看出,结构变形主要集中在受火房间及相邻房间,这是与 FDS 得出温度场分布是一致的。FDS 模拟结果表面在模拟时间内受火房间及相邻房间的温度升温显著,其他房间虽然烟雾很重,但是温度增加相当有限。这说明模拟是具有科学性的。此外,结构变形与火情是对应的,结构变形情况是随火势的增长情况而加剧,模拟结果符合一般事实。

为了进一步考察受火房间内部火情与结构变形之间的联系,在火灾发展过程中,对结构火场和结构场景同步漫游,进入受火房间,观察的景象,见图9。

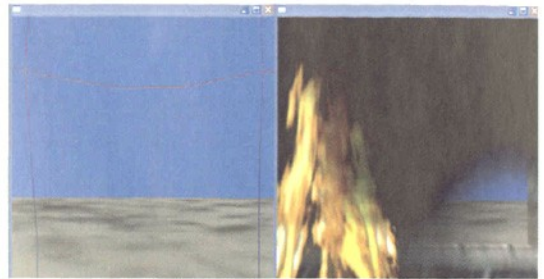


图9 受火房间室内的结构变形和火情(10min)

从图9可以看出房间内火势很大,房间上部已经形成了厚度很大的烟雾层,已无法看清墙壁的状况,若是单一的火场模拟,结构的状况无法获得。但是在火场和结构变形的同步模拟中,从结构变形场景中可以看到两个梁柱节点变形较大,梁整体呈现出红色,梁的挠度也很大,面临失效的危险。

此时,该房间的结构发生变形较大,存在很大的局部坍塌可能性。在模拟训练中,面对此时对应的火情,消防人员应停止进入该房间,尽快撤离该房间。

4 结论

基于 FDS 及有限元软件结果进行的建筑火场和结构火灾反应的模拟是具有科学性的。在虚拟现实平台展示的建筑火场和结构变形情况,更直观地揭示了二者之间的联系,为研究火情和结构位移变化提供参考,同时在虚拟训练中,也为训练者考虑结构危险程度的火情判断提供了参考。

参考文献

- [1] 蒋玲,刘筱璐,王瑛琪. 火灾计算机模拟技术发展现状浅析[J]. 消防科学与技术, 2009,(03)
- [2] 王静秋,钱志峰. 基于粒子系统的焰火模拟研究[J]. 南京航空航天大学学报, 2001,(02)
- [3] 陈驰,任爱珠,张新. 基于虚拟现实的建筑火灾模拟系统[J]自然灾害学报, 2007,(01)
- [4] MultiGen-Paradigm Inc. Creating Models for Simulations (version3. 0. 1) [Z]. U. S. A: MulniGen-Paradigm, Inc, 2004
- [5] Vega Programmer's Guide Version 3. 7 [M]. MultiGen-Paradigm, Inc, 2001

(下转第71页)

Simulation of Aerodynamic Characteristics of Air Flow Spoiler

Sun Zhenmao, Lou Wenjuan

(*Institute of Structural Engineerin, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China*)

Abstract: The impact of the air flow spoiler on the aerodynamic characteristics of iced transmission lines and its effects of anti-galloping were researched. The aerodynamic characteristics curves of the crescent iced transmission line were simulated by the method of Computational Fluid Dynamics (CFD). The average aerodynamic characteristics curves of eight equal sections in a circular pitch of the crescent iced transmission line installed with the air spoiler were simulated. The results show that the drag coefficient of the crescent iced transmission line installed with air flow spoiler is larger than the crescent iced transmission line. The lift coefficient curve doesn't change much. The absolute value of negative slope of torsion coefficient curve decreases. The air flow spoiler is useful for preventing galloping.

Key words: galloping; CFD; air flow spoiler; anti-galloping; iced transmission lines

(上接第 66 页)

A Synchronous Simulation of the Building Fire Development and Structural Response Due to Fire Based on Vega

Xu Zhen, Ren Aizhu

(*Department of Civil Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China*)

Abstract: The software on simulation of building fire and the software on simulation of structural response due to fire both have good performance in their respective fields, but they are not good at the synchronous simulation between building fire and structural response due to fire. In this paper, the synchronous simulation above is made in the virtual reality system based on Vega. This system is a post-processing platform based on a fire simulation software FDS and a FEM software MSC. MARC. FDS and MARC provide scientific results for synchronous simulation, while this virtual reality system shows these results in a visual and lifelike way. This system reveals the link between building fire and structural fire response. In virtual training, this system can help people judge the structural safety by the situation of building fire.

Key words: building fire; structural fire response; synchronous simulation