

虚拟仿真在煤矿安全培训教育中的应用^①

沈学利 张纪锁 (辽宁工程技术大学 电子与信息工程学院 辽宁 葫芦岛 125105)

摘要: 以矿工安全生产、安全技能培训和提高矿井效益为主要目的, 论述使用计算机虚拟现实技术构建煤矿安全培训教育系统的重要性, 并简述了虚拟现实的关键技术。用 3D MAX 进行建模、贴图和渲染, Virtools DEV 工具开发交互式煤矿安全培训教育系统。通过声音、文字说明、图像、三维漫游等形式, 展现煤矿生产过程中的不安全行为造成的后果。该系统已投入使用, 极大提高煤矿安全培训的质量, 取得良好的培训效果。

关键字: 虚拟现实; 3D MAX; Virtools DEV; 安全培训; 三维漫游

Visualized Simulation Technique in Coalmine Safety Training

SHEN Xue-Li, ZHANG Ji-Suo

(College of Electronic and Information Engineering, Liaoning Technical University, Huludao 125105, China)

Abstract: In this paper, as the main purpose of production safety, security skills training and improve the efficiency of mine operations discusses the importance of computer virtual reality technology to build coal mine safety training and education system, and describes the key technologies of virtual reality. By use 3D MAX modeling, textures and rendering, Virtools DEV, developing interactive education system. Through voice, text, images, 3D roaming and other forms to show the consequences of unsafe behavior in the process of coal production. The system has been put into use, greatly improving the quality of coal mine safety training and obtain a good training results.

Keywords: virtual reality; 3D MAX; virtools DEV; safety training; 3D roaming

随着对煤矿安全生产工作重要性的认识不断提高, 抓好煤矿安全生产, 推进本质安全型矿井显得尤为重要。有关资料分析, 人的不安全行为是导致事故发生的最主要的原因, 由于井下工人安全意识不高, 不良安全习惯是导致一切事故的共性原因^[1]。为此, 系统从培训教育服务入手, 运用 3D 仿真技术, 汇集采矿工程、安全科学与技术、虚拟现实技术、现代仿真技术、计算机科学、三维造型技术、可视化技术等, 建立煤矿的生产操作虚拟环境, 将不可见的地下的一些安全行为操作和一些不安全行为操作及其造成后果展现出来, 即以虚拟现实形式形象、直观地表现出来, 在安全教育方面发挥独特的作用。

1 传统煤矿安全培训教育

1.1 传统煤矿安全培训教育分析

(1) 培训内容以学习规章制度为主, 内容枯燥, 形式呆板。导致培训效果不理想。

(2) 培训信息资源严重匮乏且质量低下, 大部分是些文字资料, 枯燥无味。多媒体课件所具有的声音、图像、动画和人机对话特点得不到体现。

(3) 实验教学(主要指模型教学)成本高、教学效果不明显、不易于煤矿企业自行开展周期性的培训工作。电化教学:缺乏双向交流, 教学手段单一, 教学效果一般, 很多场面无法真正实现^[2]。

1.2 系统目标

该系统以煤矿职工安全生产、安全技能培训和提

^① 收稿时间:2010-03-03;收到修改稿时间:2010-04-04

高矿井效益为主要目的。主要内容包括:入井须知,综采工作面安全知识,连采工作面安全知识,矿井通风安全知识,矿井瓦斯灾害防灾知识,矿井火灾防灾知识,矿井透水灾害事故避灾措施,井下供电安全知识,矿井运输安全知识,顶板事故避灾措施,矿井灾害自救互救知识,典型事故案例分析。

虚拟培训系统具有以下特点:

(1)系统规范教学内容,结合声音、图片和动画进行细致的分析讲解;

(2)采用三维仿真技术模拟井下真实得采矿环境,逼真的显示不安全行为导致的事故的现场。

(3)配音正确清晰,插图动画生动逼真,配合恰当。

2 煤矿安全虚拟培训教育系统

2.1 系统结构

运用计算机虚拟仿真技术建立一个完整的煤矿安全虚拟培训系统(包含综采工作面、连采工作面、机电管理、辅助运输和一通三防)^[3]。从入井巷道到各个生产工作面均由计算机系统虚拟仿真出来,比如人在巷道里行走时可以身临其境地看到巷道里的支护形式、电缆、水沟、机电设备及各种管道等设施,同时系统采用多媒体技术对相关的场景设备和安全操作规范等给予文字、语音、视频、动画等加以提示和说明。系统可模拟煤矿一些不安全操作造成的后果,并直观的显示到学员面前。系统结构见图 1。

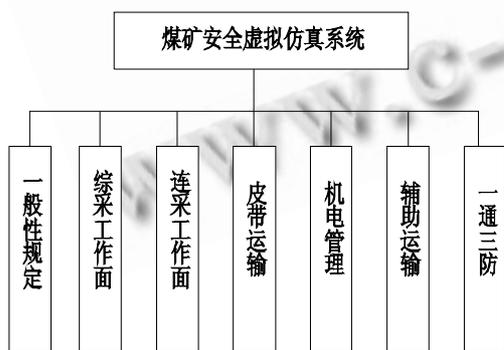


图 1 系统结构图

在仿真系统设计中,采用三维建模、模型渲染、交互动作设计和系统整合等技术方案,对煤矿井下各种

机电设备、巷道、采煤工作面以及虚拟矿工进行三维建模,三级变电站进行逼真模拟。特别是在综采工作面,可以对采煤过程进行模拟,按照采煤工艺要求,虚拟矿工操纵采煤机采煤,可以看到采煤机的滚筒转动、采煤机移动和采煤机摇臂反转,还可模拟采煤机截煤、落煤和刮板输送机运煤的逼真场面^[4]。对于综采工作面的支护也可进行仿真,操作者可以操纵综采工作面的液压支架完成降架、移架、升架和推溜的整个操作过程。

2.2 系统实现

2.2.1 基本模型的构建

本系统的矿井虚拟环境井下设备的设计图纸,通过 3D MAX 建模工具来完成的,以下是井下的主要模型。

(1) 虚拟人建模^[5]

对人体的运动结构的分析,基于人体骨架模型,进行基于非均匀有理 B 样条曲面的外形建模,并结合构造实体几何法(CSG)创建整个人体几何模型。其中,外形建模由多个曲面和三角形组成。在外形的关节处进行曲面的细分,便于表现人体运动产生的皮肤拉伸和挤压的效果。人体骨骼采用正向运动和反向运动学进行人体运动模拟,最后采用蒙皮技术把人体骨骼和外形皮肤链接起来。如图 2(a)虚拟人模型。

(2) 设备建模

井下设备建模采用多边形建模,对于外形简单、规则的设备,先从设备的多个角度拍摄照片,用图像处理软件制作出材质贴图,贴在简易的模型的外表面。有助于减少场景中的数据量。对于复杂的模型,先做机械装置的精模,然后在精模的基础上在派生出一个简模,在构建大场景中远景采用简模,近景则使用精模,以此来解决大场面制作的数据瓶颈问题。井下大型机械模型如图 2(b)连采机模型。

(3) 巷道建模

巷道模型应根据矿井地图、巷道图、巷道照片数字化建模,以便表现矿井巷道的整个概貌。要建立一个真实感巷道模型,首先应该根据系统仿真的需求确定该模型的位置和范围,采集该区域内的适当比例及多种类型数据。用户可以对具有真实感的巷道模型进

行不同方位和角度的实时动态观察。巷道模型如图2(c)巷道模型。



(a) 虚拟人模型



(b) 连采机模型



(c) 巷道模型

图2 三维模型

2 环境仿真

(1) 静态环境仿真

首先是工作面和巷道的制作，根据巷道的尺寸参

数和液压支架、采煤机等设备外观尺寸来构造巷道和工作面。然后把这些设备及装置按照尺寸布置到工作面及巷道中，将液压电缆、导线等连接上，再加一些护网、吊挂等附属装备。

(2) 动态环境仿真

为了使虚拟的井下工作环境更真实，使镜头的表现更具有视觉冲击效果，除了上面提到的固态环境的仿真外，必须进行动态仿真。例如瓦斯爆炸、透水、触电等事故，本系统用 **Bullfrog** 环境特效编辑器进行编辑。效果如图3(a)(b)所示。煤块下落、冒顶、片帮等效果仿真采用目前最先进的物理模块及反应堆动力学技术，更真实、自然的反应事故案例的过程。效果如图3(c)。照明技术是三维虚拟仿真技术的重中之重，本系统采用全局光照明技术，提高光斑特效的表现范围，如光斑、电弧等。采用体积光技术，表现诸如井下工人头灯、机械装置的照明设备对环境的影响。运用了光能传递和光线追踪技术。**Radiosity**(光能传递)是一种能够真实模拟光线在环境中相互作用的全局照明的渲染技术，它能够重建自然光在场景物体上的反弹，从而实现更为真实和精确的照明效果。**Light Tracer**(光线追踪)在场景中进行点采样并计算光线的反射，从而创建叫逼真的照明效果^[6]。图2是瓦爆炸、触电、煤块下落效果图

(3) 实现系统交互式

用 **Virtools DEV** 实现系统的交互性，**Virtools** 是法国 **Virtools** 公司开发的一套整合软件，可以将 **3D** 模型、**2D** 图形或是声音文件格式整合到一起^[7]。具有丰富的三维实时交互模块，可以实现交互式节目、教育培训、生产仿真和产品展示等，用流程图的方式编辑模块的处理顺序，逐渐编辑合成一个完整的交互式的虚拟培训系统。



(a) 瓦斯爆炸



(b) 触电



(c) 煤块下落

图 3 瓦斯爆炸、触电、煤块下落模拟

3 系统功能及关键技术实现

虚拟培训系统模拟煤矿开采过程中，工人可以控制虚拟人对设备进行操作，检修井下机械。对采煤机、刮板机、大型皮带、井下机车等构成的生产运输系统进行动态三维实时模拟。主要功能是对工人不安全行为操作产生的灾害事故进行仿真。下面以综采工作面虚拟仿真为例进行说明。

综采工作面得虚拟仿真，综采工作面涉及到许多复杂的模型。如液压支架、采煤机、刮板机以及井下线缆。场景中的液压支架使用实例化技术，实例化是图形学里为节省计算机的运行开销而采用的一种算法。当三维复杂模型中具有多个几何形状相同属性相同但是位置不同的物体时，可采用实例化技术(Instance)。当构造多个相同形状相同属性的物体时，如果采用正常的拷贝手段，每增加一个物体，多边形的数量就增加一倍，而采用实例化技术，可以在增加同类物体数量时不增加多边形数量。实例化的使用能够大大减少场景中的多边形数量，节省了大量的内存^[8]。

采煤机是一个复杂的模型，载入场景时，数据量巨大。导致场景数据量的膨胀，耗费系统资源，可能导致系统崩溃。使用模型分割技术(LOD(Level of Details))，观察者离物体较近时，使用第一级最多细节的物体模型，当观察者远离物体时，用户看到的细节就会减少，系统没有必要再为用户渲染出第一级 LOD 的图形，而是渲染出第二级 LOD 图形。由此类推，距离越远，渲染出更少细节的 LOD 图形。

为了使虚拟场景更逼真，防止相互运动的物体发生穿透，采用碰撞检测技术。液压支架挤压人的事故中，采用碰撞检测技术。由于系统是实时性的，要求碰撞检测算法必须快速的检测出碰撞位置，并做出反应。本系统采用随机碰撞检测算法，能快速检测出碰撞^[9]。

4 系统应用实例

连采工作面中，连采机在煤壁上切割操作，检修人员检修连采机，发现连采机的截齿需要更换。检修人员更换截齿时。检修人员进行违规操作，没有切断连采机的电源，出现连采机把人卷入的事故。员工进入培训系统，选择连采工作面，选择连采机检修。其中，有两项是关于连采机检修的。连采机没有断电引起的后果，连采机没有闭锁引起的后果。员工控制检修人员的虚拟人，到连采机前检修，更换截齿。连采机突然转动，把检修人员卷入连采机中。事故发生后的效果图 4 所示：



图 4 效果图

5 结论

解决煤矿职工安全素质低下的重要途径就是要加强培训，传统的培训已经不适应了，而采用虚拟仿真技术的安全培训系统，有更高的真实性，灵活性，可以节省大部分的人力、物力和时间，减少了井下工人的“三违”操作，从而降低煤矿事故。在以后的研究

(下转第 127 页)

(上接第 179 页)

工作中,增加动力学模块、人体动作柔体动画等先进的技术。该系统已经应用到神东煤炭集团安全培训中心,效果明显。

参考文献

- 1 张齐尧.煤矿安全管理学.成都:成都科技大学出版社,1994.
- 2 杨大明.我国煤矿安全生产现状与对策.科技导报,2001,(7):57—60.
- 3 王德永,件自连,杜卫新.虚拟现实技术在矿井生产仿真系统中的应用.煤矿机械,2006,(10):172—173.
- 4 朱红,金雪松,魏永录.煤炭生产安全综合仿真信息系统.煤矿安全,2006(1):23—26.
- 5 洪炳镕,蔡则芬,唐好选.虚拟现实及其应用.北京:国防工业出版社,2005.122—125.
- 6 王琦电脑动画工作室.新火星人-3ds max5 白金手册.北京:北京科海电子出版社.323—327,313—317.
- 7 刘明昆.三维游戏设计师宝典—Virtools 开发工具篇.成都:四川出版集团,2005.
- 8 Cohen J. Wright W. Simplification envelopes. Proceedings of SIGGRAPH.96. Neworleans. Louisian a. August 1996.119—128.
- 9 Barze R, Hughes J, Wood DN. Plausible motion simulation for computer graphics animation// Proceedings of the Eurographics Workshop Computer Animation and Simulation, Springer, 1996.186—197.