

文章编号:1671-251X(2014)02-0088-05

DOI:

张红岩. 基于虚拟现实技术的煤矿安全培训系统[J]. 工矿自动化, 2014, 40(2): 88-92.

基于虚拟现实技术的煤矿安全培训系统

张红岩

(中煤能源鄂尔多斯分公司 母杜柴登矿, 内蒙古 鄂尔多斯 017318)

摘要:针对传统煤矿安全培训手段单一、效果不理想的问题,提出了基于虚拟现实技术的煤矿安全培训系统。该系统应用虚拟现实开发软件 3DS MAX 和 Virtools DEV 来完成设备建模、场景构建和交互式系统的开发,实现了煤矿风险预控、事故案例再现和事故应急救援的仿真。应用结果表明,该系统通过三维仿真和交互形式可有效提高煤矿安全培训的针对性和实施效果,达到提高安全意识、减少安全事故的目的。

关键词:煤矿安全培训; 虚拟现实; 交互形式; 煤矿风险预控; 事故案例再现; 事故应急救援

中图分类号:TD791

文献标志码:A

网络出版时间:

网络出版地址:

Coal mine safety training system based on virtual reality technology

ZHANG Hongyan

(Muduchaideng Mine, Ordos Branch of China Coal Energy Co., Ltd., Ordos 017318, China)

Abstract:In view of problems of single means and unsatisfactory effect of traditional coal mine safety training, the paper proposed a coal mine safety training system based on virtual reality technology. The system applies 3DS MAX and Virtools DEV of virtual reality development software to complete device modeling, scenario building and development of interactive system, so as to realize simulations of coal mine risk precontrol, accident case reappear and accident emergency rescue. The application result shows that the system can effectively improve pertinence and implementation effect of coal mine safety training through three-dimensional simulation and interactive mode, so as to improve safety consciousness and reduce safety accident.

Key words:coal mine safety training; virtual reality; interactive mode; coal mine risk precontrol; accident case reappear; accident emergency rescue

0 引言

实施有效、系统的安全培训,提高煤矿工作人员安全技术水平和预防、处理事故的能力,对于煤矿的安全生产至关重要。传统煤矿安全培训教育方式以学习规章制度为主,大部分都是文字资料,培训时枯燥无味。多媒体课件以及煤矿拍摄的生产过程和事故案例再现的视频,由于很多事故无法真正再现给培训人员,不能充分展现声音、图像、动画和人机交互相结合的特点。因此,传统的培训手段过于单一,

培训效果很不理想。

针对目前传统煤矿安全培训中存在的问题和局限,本文采用现代化煤矿安全培训方法,将虚拟现实技术^[1-2]应用于煤矿安全培训,运用 3D 仿真技术,汇集采矿工程、安全科学与技术、计算机科学、三维造型技术、可视化技术及视频合成技术等,结合机械、电、光、磁、声等综合技术将煤矿风险预控、事故案例再现和事故应急救援以三维仿真和人机交互的方式展现在培训者眼前,实现三维的高度仿真效果,使培训者如亲临煤矿生产或事故现场。

收稿日期:2013-03-21;修回日期:2013-11-21。

基金项目:中国煤炭工业协会科学技术研究指导性计划项目(MTKJ2010-327)。

作者简介:张红岩(1983—),男,山东聊城人,助理工程师,硕士,主要从事煤矿信息化管理方面的工作,E-mail:zhy8678443@126.com。

基于虚拟现实技术的煤矿安全培训系统在安全生产教育方面发挥独特的作用,适合煤矿安全培训部门集中学习和生产部门每天的班前会学习,并通过三维仿真和交互形式使煤矿员工有如沉浸于真实的现场,达到良好的学习效果。

1 系统设计

煤矿安全培训系统主要利用虚拟现实技术,以实现不安全行为及其可能造成的后果、典型安全生产事故案例和煤矿安全事故应急预案的高度仿真和人机交互为目的,使学习者近于亲身体验不可再现的虚拟环境,从而产生良好的教育效果。煤矿安全培训系统主要应用 3DS MAX 进行建模、贴图和渲染,利用 Virtools DEV 工具实现人机交互。针对煤矿三维动画仿真度不高的缺点,本系统设计原理如图 1 所示。

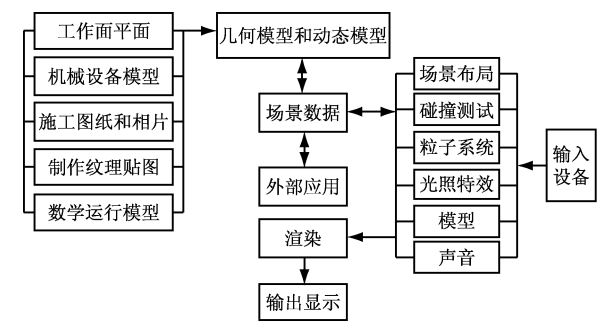


图 1 系统设计原理

基于虚拟现实技术的煤矿安全培训系统由煤矿风险预控、事故案例再现、事故应急救援 3 部分组成,如图 2 所示。煤矿风险预控主要实现煤矿地面环境和井下环境(包含地面、机电设备、巷道、采煤工作面等)的三维仿真,同时可以自由漫游于井下,并且模拟一些基本的井下操作;事故案例再现主要通过三维再现煤矿近些年发生的典型安全事故案例,并且分析事故原因;事故应急救援主要针对煤矿易发生的水灾、火灾、机电、瓦斯和顶板 5 类灾害事故制作完整的灾害事故应急救援三维仿真。

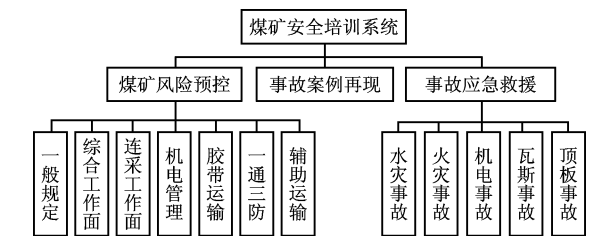


图 2 系统结构

2 系统实现

首先进行前期调研。根据具体要求,选择相关危险行为、事故案例和实际应急预案,详细搜集其资料,积极联系、询问煤矿技术人员,了解事故发生前员工进行的操作,调查、分析事故发生的原因,制定安全事故应急预案。将所得资料去粗取精,由表及里地分析研究,找出原因,为不安全行为事故的虚拟仿真提供数据依据,对煤矿安全事故进行准确的分析与定位。咨询相关专家、工程技术人员,以实现高度仿真为目的,构思出三维仿真手法。

本系统采用 3DS MAX 软件来完成煤矿设备模型和场景仿真,利用 Virtools DEV 工具实现人机交互。

2.1 基本模型构建

2.1.1 井下设备建模

系统的设备建模主要采用多边形建模技术。简单的小型设备模型只需构建简模,贴图则利用图片处理软件生成。复杂的大型设备如综采机、液压支架、连采机等,为达到对其高度仿真的效果,首先需要收集相关大型设备的技术资料(图片、外形尺寸、机构运动参数等),构建大型设备模型采用先精模后简模^[3]的设计方法。井下煤炭的机械化开采是一个相当复杂的生产线。例如上百台液压支架,再加上刮板输送机、综采机、连采机等复杂的设备模型,势必会造成场景的数据量膨胀,导致工作软件的崩溃。目前的模型设计大多采用构建简模和减少模型面数的方法来解决此类问题,但会使模型的仿真度降低,达不到真实的效果。因此,本系统从硬件和制作技术上解决这一问题。硬件上,需要购置图形工作站级别的高档计算机;制作技术上,应先做井下设备的精模,然后在精模的基础上再派生出简模,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,避免了以往三维仿真动画中大型机械模型仿真度不高的缺点。

不一样的设备结构导致所发生的案例也不一样,大多数煤矿经过整合,不同种类的机械设备所存在的差异会更多。因此,设备装置的原始修改堆栈的数据必须保存,以利于数据资源的再利用,提高项目完成质量和加快项目完成进度。

采用纹理贴图的制作和处理方法制作逼真度高的贴图,不仅可以减少模型的面数,同时可以达到很好的仿真效果。综采机模型如图 3 所示。



图 3 综采机模型

2.1.2 地面和井下巷道建模

地面环境模型主要展现煤矿的外部地貌以及地面各单位和设施的布置情况。井下巷道环境属于有尺度的空间,所以应依据尺寸参数来构建巷道的三维模型^[4]。为使模型更加逼真,首先通过煤矿地图和实地拍摄实物收集煤矿地面地形的相关数据,通过巷道和工作面设计图纸来获取井下巷道布置的数据,然后建立模型。巷道模型如图 4 所示。



图 4 巷道模型

2.1.3 人物仿真

三维仿真动画的主体是人,人物模型和动作制作是否逼真,直接反映了整个培训系统的仿真质量。首先对系统中人物的运动特性进行分析来构建基于曲面细分^[5]的人体外形建模。曲面细分的建模技术可以使人物运动时产生的效果更加逼真,在表现人体运动产生的皮肤拉伸和挤压时不会出现失真效果。人体骨骼则采用正向运动和反向运动学技术来进行运动模拟,使人物模型在模拟动画时更加合理。最后使用蒙皮技术使人物外形模型和骨骼模型进行连接,形成完整的人物模型。人物仿真的工作量主要集中于模型的动作表现,应将人物动作分类,建立人物动作库。为了避免出现人物动作仿真不真实的效果,首先需要现场请井下工作人员表演容易引起安全事故的动作,用摄像机拍摄,然后将动作采集下来作为模型动作表现的分析资料。人物动作可以脱

离大场景而单独制作,但需要一些道具,如拧螺丝时手中需拿有扳手,同时还有被操作的对象,如挡板等,这些必要的条件应在制作过程中予以满足。因此,人物动画制作时应该采用“大兵团作战”的方式,多个人员可以同时完成各种人物动作,实程式化制作,当人物动作完成之后由专门负责的人员来调整人的面部表情、身上配件等。这样就能保证方便快捷、高质量地完成人物动画的制作。人物仿真如图 5 所示。



图 5 人物仿真

2.2 场景构建

基本模型完成后,需要合成综合的静态场景。把设备和人物模型按照规定的尺寸分别布置在地面场景和井下巷道场景中。布置模型时需要注意模型的大小和距离的比例,否则会出现不协调现象。合并入支护、电缆、水沟、机电设备及各种管道等设备模型,使井下环境更加真实。静态场景仿真如图 6 所示。



图 6 静态场景仿真

由于静态场景仿真无法模仿瓦斯、水灾、火灾等安全事故的场景,所以采用动态仿真技术十分必要,本系统采用环境特效编辑器制作爆炸、烟雾等特效。煤矿生产过程中物体下落伤人的事故较多,如煤块下落、片帮、冒顶等。目前,大多使用传统的手工方式来描述这类问题,但感觉不真实,且费工费时,在本系统中采用物理模块及反应堆动力学技术,更真

实、自然地反映事故案例的过程。

最后进行灯光的设置,由于井下环境中物体属性的差异,使得对井下环境中照明效果的表现难度加大。以往采用普通的标准光照明方法,其表现力往往不能令人满意。本系统中采用全局光照明,并使用光线跟踪和光能传递技术,在后期的特效合成中采用光斑特效和体积光技术。瓦斯爆炸场景仿真如图7所示。



图7 瓦斯爆炸场景仿真

2.3 系统后期合成

前期制作完成后,要使用 Adobe Premiere Pro 将前期完成的动画片段和配音等内容进行后期合成,以形成最终的三维动画^[6]。后期将各个片段形成案例素材,并将生成好的案例素材连接在一起,同时有一些重要工作需要注意,例如,在编辑的同时可能有新的创意产生,或者需要一些特殊的转场效果和连接技巧,这时特效的制作就需要与编辑进行协调。最后,将编成的片段添加背景音效,采用音效仿真技术将现场中真实的音响效果与画面结合在一起,给人以身临其境的感觉。

系统的交互式部分使用 Virtools DEV^[7] 进行整合。Virtools DEV 可以有效地将 3D 模型、2D 图形和音效等整合在一起,是具备丰富的互动行为模块的实时 3D 环境虚拟实境编辑软件,可以制作出许多不同用途的 3D 产品。将前期完成的模型导入 Virtools DEV 进行组合,以形成完整的场景模型并进行交互式系统的制作。虚拟交互场景如图8所示。

3 关键技术

粒子系统是模拟不规则物体较成熟的一种方法,该方法充分体现不规则模糊物体的动态性和随机性,主要用来实现基本模型结构无法实现的运动、形状和动力学效果。粒子系统可以很好地模拟火、



图8 虚拟交互场景

水、气体等许多自然景象。本系统使用粒子系统来实现煤流动的动态效果,把每个煤块都定义为一个有生命周期的、随机运动的、改变运动状态的粒子,最后动态地控制粒子系统的运动轨迹来实现煤壁片帮、冒顶和煤块沿胶带运动的效果。

碰撞检测是虚拟现实交互的关键技术。碰撞检测问题^[8] 基于现实世界中一个普遍存在的事实: 2个不可穿透的对象不可能在同一时间共享相同的空间区域。为了防止系统中运动的物体发生彼此穿透的现象,本系统中碰撞、挤压等事故再现和漫游系统均采用碰撞检测技术。由于系统有很强的实时性要求,同时碰撞检测必须高效、精确,基于以上要求采用实时碰撞检测技术。

4 系统应用

煤矿安全培训系统由煤矿风险预控、事故案例再现、事故应急救援3个模块组成,煤矿工作人员可以根据工种的需要选择相关的学习内容。例如,液压支架工进入煤矿风险预控模块后可以了解到综采工作面中相关的危险源、后果及相关责任。当液压支架工推移、动作支架,有行人通过或者架前有人作业时,容易发生顶板冒落、单体支柱倾倒、巷道片帮伤人;支架移动过程中,支架和溜槽之间容易挤到人。液压支架工还可以控制虚拟矿工模拟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。事故案例再现模块通过三维动画再现国内一些典型的煤矿安全事故案例,使煤矿工作人员了解到当时事故发生环境、过程及原因。事故应急救援模块模拟几种常见煤矿安全事故和有关人员根据职位的不同做出相应的应急工作,使煤矿工作人员针对可能发生的安全事故迅速和有序地开展应急行动,并实施有效的应急救援工作,最大程度地减少人员伤亡和财产损失。

5 结语

煤矿安全培训系统从虚拟现实技术出发,通过煤矿风险预控、事故案例再现和事故应急救援 3 个方面对煤矿工作人员进行安全培训,通过高度仿真的三维动画展示和虚拟交互操作使培训人员在学习时有置身于真实环境的感觉,有效地增强了学习效果,从而达到提高安全意识、减少安全事故的目的。该系统已经在神东煤炭集团安全监察局得到应用,取得良好的教育效果。

参考文献:

[1] 代昌标. 煤矿安全虚拟现实仿真系统总体设计及关键技术的研究[D]. 武汉:中国地质大学,2007.

[2] 洪炳镕,蔡则苏,唐好选. 虚拟现实及其应用[M]. 北京:国防工业出版社,2005.

[3] 高红森,栗继祖. 基于 3D 和 Virtools 的煤矿安全行为模拟[J]. 太原理工大学学报,2010,41(1):106-109.

[4] 韩可琦,茆道方. 虚拟现实技术在综采工作面仿真中的应用[J]. 计算机仿真,2006,23(6):229-232.

[5] 沈学利,张纪锁,张红岩. 基于虚拟现实大型矿山机械建模研究[J]. 煤矿机械,2010,31(4):38-40.

[6] 王兵建,张盛,张亚伟,等. 虚拟现实技术在煤矿安全培训中的应用[J]. 煤炭科学技术,2009,37(2):65-67.

[7] 刘惠义,邱云,张春红. 虚拟视景交互漫游系统的实时碰撞检测方法研究[J]. 河海大学学报:自然科学版,2005,33(3):339-342.

[8] 刘峰. 基于 Virtools 的物理力学虚拟实验研究[D]. 新乡:河南师范大学,2009.