

# 基于 Virtools 的井控仿真培训系统的设计与实现

刘贤梅, 孙世光

(东北石油大学 计算机与信息技术学院, 黑龙江 大庆 163318)

**摘要:**采油生产最大的安全隐患来自于井控安全, 针对油田井控安全操作培训的弊端, 提出了基于 Virtools 的井控仿真培训系统。文中基于虚拟现实技术, 介绍了基于 Virtools 开发井控仿真培训系统的一般方法, 并从模型的建立、模型的优化、模型的转换、场景集成、系统结构、系统功能这些方面对系统的设计与实现进行了详细的论述。实现了具有井口漫游、双视口显示、交互菜单、演练及考评等功能的井控仿真培训系统。借助于这样的一个培训系统, 提高了培训效果, 提升了员工的整体操作水平, 实现了操作标准化, 进一步保障了井控安全。

**关键词:** Virtools; 仿真; 井控

中图分类号: TP302.1

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2013)11-0209-04

doi: 10.3969/j.issn.1673-629X.2013.11.051

## Design and Implementation of a Training System for Well Control Simulation Based on Virtools

LIU Xian-mei, SUN Shi-guang

(College of Computer and Information Technology, Northeast Petroleum University, Daqing 163318, China)

**Abstract:** The most potential safety hazard for oil production comes from the security of well control. To solve the disadvantage of safe operation training for well control on oil field, proposed a training system for well control simulation based on Virtools. Introduced a general method to exploit a training system for well control simulation based on Virtools by virtual reality technology, and described in detail the design and implementation of the system from creating model, optimizing model, converting model, scene integration, system architecture, system function. A training system for well control simulation with function of well roaming, dual window display, interactive menu, drilling and examination is realized. By using such training system, it enhanced the training effect, elevated the operation level of all the staffs, achieved the standardized operation, and further kept the well control safety.

**Key words:** Virtools; simulation; well control

### 0 引言

虚拟现实是近年来出现的高新技术, 是一种人机接口技术, 也称灵境技术或人工环境。其利用计算机模拟产生一个三维的虚拟空间, 给使用者提供视觉、听觉、触觉等感官的模拟, 让使用者如同身历其境一般, 可以及时、自由地观察三度空间内的事物。目前, 其作为信息科学的一门新兴学科已经广泛应用于军事、娱乐、医学、地理信息系统等领域<sup>[1-3]</sup>。

Virtools 是法国达索公司开发的一套虚拟现实产品开发工具, 可以将现有的一些媒体格式整合到一起, 如 3D 模型、二维图形、声音等。其以功能齐全、设计

完善的图形使用者界面等优势, 被应用到了很多领域中, 如三维游戏开发、产品展示、教育培训等<sup>[4]</sup>。开发人员通过可视化的交互开发界面, 拖曳所需的行为模块到相应对象的脚本中去, 并通过修改行为模块的参数控制对象, 最终生成具有交互功能的 3D 产品。Virtools 4.0 内建超过 600 种行为模块<sup>[5-6]</sup>, 开发人员还可以通过组合系统自带的行为模块, 搭建成具有特定功能的 Behavior Graph。此外, 开发人员还可以通过 Virtools 自带的脚本语言或使用 C++ 等开发工具进行自定义行为模块的开发<sup>[7]</sup>。目前 Virtools 的一些相关研究主要集中在游戏制作和产品展示等领域, 对于文中

收稿日期: 2013-01-14

修回日期: 2013-04-20

网络出版时间: 2013-07-24

基金项目: 黑龙江省高等教育科学研究“十二五”规划课题(HGJXH B1110131)

作者简介: 刘贤梅(1968-), 女, 山东日照人, 教授, 硕士生导师, CCF 会员, 研究方向为虚拟现实、三维可视化等; 孙世光(1987-), 男, 硕士研究生, 研究方向为虚拟现实与图像处理。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20130724.0945.008.html>

所涉及的研究方面,相关研究非常少。

采油生产最大的安全隐患来自于井控安全,不规范的操作是导致井控安全隐患的最突出因素。采油生产具有采油方式多样、现场操作管理人员来源渠道不同的特点,导致现场操作人员和管理人员技能水平参差不齐,操作标准化程度不高。目前,针对井控安全操作培训的方法一般是采用观看录像、从书本上学习或上井跟班操作训练的集中培训方式,这种培训方式的弊端有培训成本高、周期长、培训手段单一枯燥、培训效果受限、工学矛盾突出。为此,开发了密切联系生产实际、操作性极强的井控仿真培训系统。该系统以 Virtools 4.0 为开发工具,将文字、三维动画、声音、虚拟操作多种表现手法有机地融为一体,系统地对采油井控现场进行逼真再现,并能体验员工角色,进行交互操作,是员工培训工作的一次飞跃。

## 1 场景制作

井控仿真培训系统中的井口、管线、抽油机等设备是主体,交互操作是其核心。对系统中的设备进行三维模型的构建,并把模型分为静态模型及动态模型两大类。其中,动态模型是虚拟交互设计的主要操作对象,同时虚拟交互设计又是三维模型实现动态操作的必要途径<sup>[8]</sup>。

### 1.1 3D Studio Max 简介

3D Studio Max,常简称为 3ds Max 或 MAX,是 Autodesk 公司开发的基于 PC 系统的三维动画制作和渲染软件。在应用范围方面,其广泛应用于电影电视、广告制作、游戏制作、建筑装潢、建筑设计、工业设计、多媒体制作、辅助教学以及工程可视化等领域<sup>[9]</sup>。目前,它已逐步成为在个人 PC 机上最优秀的三维动画制作软件。所谓三维动画,就是利用计算机进行动画的设计与创作,产生真实的立体场景与动画<sup>[10]</sup>。

### 1.2 建模

系统中的主要设备包括井场、采油树、抽油机、水套炉、配电箱等。进行建模前需要对这些设备做需求,采集井场设备的视频、图片、文字、图纸等相关资料。视频主要为动态模型设备建立的必要依据;图片、文字以及图纸等相关资料主要为模型的逼真度提供必要依据,使模型的外观、尺寸更接近于现实。其中,对于现场图片的采集,应使用高性能相机,以便后期处理,并把其作为模型的贴图使用。

系统中的 3D 模型主要分为静态模型和动态模型两大类。静态模型为场景不涉及操作的模型,其只摆放到场景中作为场景中的必要设备,使场景不至于显得突兀且更接近于现实。动态模型为场景中涉及操作的模型,其是系统的核心模型。在对这两种模型进行

建模时,应从不同的层面去考虑。对于静态模型的建立,因为其不涉及操作,所以在严格按照尺寸及比例的前提下,只考虑其坐标。静态模型建立完成后,把静态模型的坐标全部居中,这样在后期场景集成时,参照模型的尺寸,再结合对齐工具,可以很方便地布置场景中的设备。对于动态模型的建立,因为其涉及操作,所以在严格按照尺寸及比例的前提下,结合实际操作结果表现,设置其坐标。动态模型建立完成后,参照采集的视频等资料,设置动态模型的坐标位置。例如:建立了配电箱门后,因为交互操作时需要打开配电箱门,所以应当把配电箱门的坐标设置在其门轴上。这样,当打开配电箱门的时候,门会按照这个坐标轴旋转。只有设置好动态模型的坐标后,在做场景中的交互操作时,设备才可以按照设定好的坐标运动,符合现实。

### 1.3 优化

优化是在不影响视觉效果的前提下,尽可能地减少模型的面数,这样在后期系统集成完成后,在做交互处理的时候,可以大大地提高系统的运行速度。

对于 3D 模型的优化,也从静态模型和动态模型两个方面进行。不管是静态模型还是动态模型的优化,都需先在 3ds Max 中将模型转化为可编辑多边形后再做优化处理。对于转换后的静态模型优化,需在模型的修改状态下,删除其看不到的面。例如:放在地面上的设备,其和地面接触的面为看不到的面,所以,这个面可删除。删除面数后,把静态模型全部附加到一起,这样把场景导入到 Virtools 中后,系统运行时会加快模型的渲染,从而提高系统运行速度。对于转换后的动态模型优化,需要先按照静态模型的优化方法处理一下,在这个过程中需要考虑的是,如果删除的面在模型运动后会露出来,这个面就不要删除。删除面后,要把同一动作所涉及的模型组成一组,这样,在模型导入到 Virtools 后,可设置模型按照组的轴坐标运动,所有组内的子模型都会按照组的轴坐标运动。

### 1.4 模型导入到 Virtools

在将 3ds Max 中制作完成的模型导入到 Virtools 中的场景之前,需要在 3ds Max 中先安装一个与 3ds Max 版本相对应的 Virtools Max Exporter 插件。该插件可以将 3ds Max 中的模型或集成后的场景以 \*.nmo 文件格式存储,\*.nmo 的文件格式是 Virtools 软件的存储格式,其中保存了场景、Mesh、纹理、贴图、动画等信息。然后将对应的 \*.nmo 文件导入到 Virtools 中,即完成了场景的导入。3ds Max 支持的导出对象包括标准网格、几何体、灯光、动画、材质以及样条线等<sup>[11]</sup>。

## 2 系统体系结构设计

在井控仿真培训系统中,涉及安全操作的重要工

序采用虚拟现实技术和数据库技术等先进的计算机技术进行开发。生成了三维可视化的视觉环境、具有立体音效的听觉环境、实时和谐的人机交互环境、友好的用户界面,为接受培训的员工创造出一种“真实”的学习、操作和考核的环境。体系结构如图 1 所示。

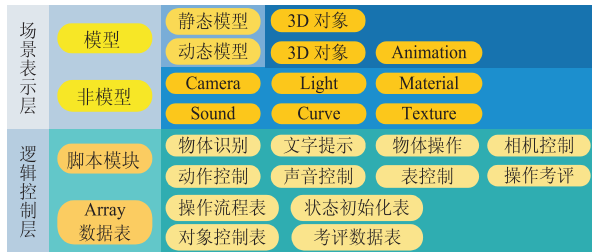


图 1 体系结构

此系统从结构上主要分两个层次,分别为场景表示层和逻辑控制层。场景表示层表现的是整个仿真系统的虚拟场景,是真实世界的一个映射,其主要是由场景中的模型对象以及非模型对象组成。模型对象表示的是具体可见的三维模型,例如:抽油机、井口、水套炉等三维模型;非模型对象则是除三维模型以外的对象,其主要包括:相机、灯光、纹理、材质、声音等对象。逻辑控制层是利用程序和 Array 数据表对场景中的虚拟对象以及声音、纹理、灯光、材质等对象进行控制,其主要是由脚本模块和 Array 数据表组成。脚本模块是通过行为模块的构建实现的,主要包括:物体识别、文字提示、物体操作、相机控制、动作控制、声音控制、表控制、操作考评等模块;Array 数据表实现的是对场景中的对象或行为模块的参数进行控制,通过操作 Array 数据表中的数据来改变场景中对象的参数或行为模块的参数,这样可使系统结构清晰,并防止数据冗余,其主要包括:操作流程表、状态初始化表、对象控制表、考评数据表等。

操作考评是通过记录用户实际操作产生的操作参数并输入到操作考评模块中,操作考评模块对输入的参数做相应的处理后判断操作是否正确,如果操作正确,最后会给出正确完成考评的提示;如果操作错误,则自动退出系统,用户将无法继续完成操作,从而达到学员自测或对培训人员考核评定的目的。

井控仿真培训系统中采用多媒体技术实现的工作内容,对数据采集有很高的要求,在规范数据采集后,还对相关图形、图像、视频、声音等相关素材进行处理、编辑和集成,使多种信息建立逻辑连接,集成为一个具有交互性的系统,进而实现关键技术内容的演示。

## 3 系统主要功能

### 3.1 井口漫游

三维场景漫游是虚拟现实技术的重要分支,其是

以虚拟场景的建立为基础的,此虚拟场景是集视觉、听觉、触觉一体化的特定的场景。用户在这个虚拟的场景中,以一定的方式在场景中漫游并可从任意角度自由地观察场景中的虚拟物体,从而产生逼真的临场感<sup>[12]</sup>。

该系统的漫游可以实现操作者从任意角度观察,其是通过相机的上下左右移动以及旋转来实现的。此外,在相机运动的过程中还使用了碰撞检测技术,防止发生相机穿过模型物体的情况。其脚本部分代码如图 2 所示。

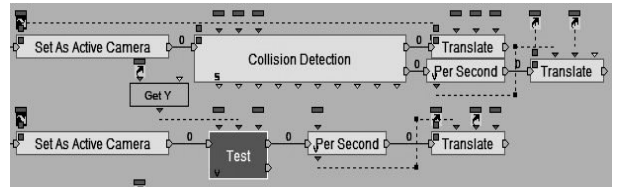


图 2 漫游脚本代码(部分)

### 3.2 双视口显示技术

该系统中的操作角色分为甲乙二人,他们都有各自的操作任务,传统的仿真培训系统通常是单个角色的操作,如果利用传统方法开发该系统,就会出现甲乙二人的操作无法同时显示的问题。在该系统中引入双视口显示技术,这样在场景中显示一个角色,另一个角色通过右上角的小窗口显示。

在实现双视口时,在场景中设计两个摄像机,一个为场景的主视角,一个为小窗口视角,通过获取屏幕的大小,实时计算出小窗口的大小,该系统设计的小窗口大小为主窗口大小的 1/4,长和宽都为主窗口的 1/4,显示效果如图 3 所示。这样,既不影响主场景内容的显示,又可以清晰地显示小窗口的内容。

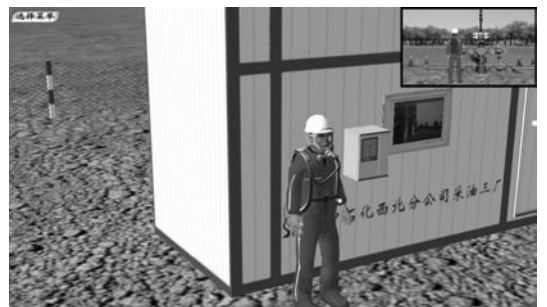


图 3 双视口显示效果图

### 3.3 交互菜单的实现

该系统为用户提供了便捷的交互式菜单,每一个菜单选项均是独立的水晶按钮,菜单可以让用户选择相应的工具,使其在相应的操作步骤,执行相应的操作或实现相应的功能<sup>[13]</sup>。系统的根菜单,即选择菜单,是一直可见的,同时,系统中设置多级子菜单选项。当按下根菜单下的一级菜单按钮时,将弹出下一级的菜单选项<sup>[14]</sup>。按钮的状态分为两种:当没有操作时,按

钮颜色显示为黑色,当鼠标按下或鼠标滑过时,按钮颜色变为蓝色。这样,不但增加了系统的美观性,而且还能给予用户一定的提示<sup>[15]</sup>。

### 3.4 操作的交互演练及考评

利用鼠标自行操作演练,鼠标拾取工具对场景部件进行操作,或使用鼠标直接对场景部件进行操作,仿真真实操作过程。对演练中的错误操作,以对话框的形式提示,或者演示事故现象,加深学习人员对错误操作带来的严重后果的印象。对于考评中的操作,如果操作正确,最后会给出正确完成考评的提示;如果操作错误,则自动退出系统。

## 4 结束语

文中研究和提出了基于 Virtools 平台的井控仿真培训系统的制作方法,利用游戏引擎的特点和优势,快速地建立了可交互的井控仿真培训系统。该系统虚拟场景逼真、漫游功能齐全、可进行双视口显示、具有便捷的交互菜单,而且能够以网页的形式发布。用户能够在浏览器上进行多视点、多场景的浏览,让用户有非常逼真的临场感。

### 参考文献:

[1] 曲宝,赵娅,赵琦.基于 Virtools 的虚拟家居漫游系统的设计与实现[J].计算机工程与科学,2009,31(12):130-133.  
 [2] 贾月乐,丁鹏,张静,等.基于 Virtools 环境的三维建模及应用[J].计算机与信息技术,2009(9):41-42.  
 [3] Ottosson S. Virtual reality in the product development process

[J]. Journal of Engineering Design,2002,13(2):159-172.  
 [4] 盖龙涛,陈月华.基于 Virtools 的交互式操作模型系统的设计与实现[J].计算机应用,2009,29(S2):308-310.  
 [5] 刘明昆.三维游戏设计师宝典 Virtools 开发工具[M].成都:四川电子音像出版中心,2005.  
 [6] 王丹东,徐英欣,胥林.三维游戏设计师宝典 Virtools 行为模块词典大全[M].重庆:电脑报电子音像出版中心,2009.  
 [7] Virtools SDK Documentation[S]. France:Virtools,2006.  
 [8] 康译友,张永策,方丽,等.基于 Virtools 的三维交互虚拟精馏实验室的构建[J].计算机工程与设计,2011,32(2):633-637.  
 [9] 孙印杰,王敏,杨平,等.3ds max 9 实训教程[M].北京:电子工业出版社,2007.  
 [10] 熊力.中文 3dsmax 案例教程[M].北京:科学出版社,2006.  
 [11] 刘婧婧.3ds Max 模型与动画导入 Virtools 时遇到的问题以及解决方法[J].现代电影技术,2010(7):35-41.  
 [12] 张晓宁,赵晓春,王翔,等.基于 Virtools 的园林三维漫游系统的设计与实现[J].中国农学通报,2009,25(4):175-178.  
 [13] 褚中苇,魏东.交互设计在人机界面设计中的应用[J].艺术与设计(理论),2007(4):93-95.  
 [14] 蔡伟,李龙华.水电站机电设备运行检修 3D 仿真培训界面设计[J].计算机技术与发展,2011,21(11):170-172.  
 [15] Yu Byeong-Min,Roh Seak-Zoon. The effects of menu design on information-seeking performance and user's attitude on the World Wide Web[J]. Journal of the American Society for Information Science and Technology, 2002, 53(11):923-933.

(上接第 202 页)

[8] 刘美玲,李熹,李永胜.数据挖掘技术在高校教学与管理中的应用[J].计算机工程与设计,2010,31(5):1130-1133.  
 [9] Wang Yan,Le Jiajin,Huang Dongmei. A method for privacy preserving mining of association rules based on web usage mining[C]//Proc of International Conference on Web Information Systems and Mining. [s. l.]:[s. n.],2010:33-37.

[10] Srikant R,Agrawal R. Mining quantitative association rules in large relational tables[C]//Proceedings of the ACM SIGMOD Conference on Management of Data. Montreal, Canada: [s. n.],1996:1-22.  
 [11] Han J,Kambr M. Data Mining:Concepts and Techniques[M]. Beijing:Higher Education Press,2001:229-230.

(上接第 208 页)

[8] Warren W,Wie B,Geller D. Periodic-disturbance accommodating control of the space station for asymptotic momentum management[J]. Journal of guidance, control, and dynamics, 1990,13(6):984-992.  
 [9] 胡珊,袁建平,李文华.空间站姿态控制和动量管理研究[J].航天控制,2004,22(5):36-41.  
 [10] Shieh L S,Dib H M,McInnis B C. Linear quadratic regulators with eigenvalue placement in a vertical strip[J]. IEEE trans

on automatic control,1986,31(3):241-243.  
 [11] Shieh L S,Dib H M,Ganesan S. Continuous-time quadratic regulators and pseudo-continuous-time quadratic regulators with pole placement in a specific region[J]. Control theory and application,1990,137(5):297-301.  
 [12] 于哲峰,杨智春.扫描镜运动对三轴稳定卫星姿态影响研究[J].西北工业大学学报,2003,21(1):87-90.

# 基于Virtools的井控仿真培训系统的设计与实现

作者: [刘贤梅](#), [孙世光](#), [LIU Xian-mei](#), [SUN Shi-guang](#)  
作者单位: [东北石油大学 计算机与信息技术学院, 黑龙江 大庆, 163318](#)  
刊名: [计算机技术与发展](#)

---

ISTIC

英文刊名: [Computer Technology and Development](#)

---

年, 卷(期): 2013(11)

本文链接: [http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_wjfz201311052.aspx](http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjfz201311052.aspx)