

塔架式抽油机安装培训虚拟仿真系统开发*

王大虎^{1,2} 卢正帅¹ 贾倩¹

(1. 河南理工大学 电气工程与自动化学院 焦作 454000;
2. 国网福建省电力有限公司经济技术研究院 福州 350003)

摘要: 为解决目前抽油机安装不规范和培训效率低等问题,基于虚拟现实技术开发了抽油机安装培训虚拟仿真系统。以塔架式抽油机为研究对象,首先采用 3ds Max 三维建模软件创建抽油机安装虚拟场景三维模型,利用 Premiere 视频编辑软件合成视频动画,然后利用 Microsoft Visual Studio 工具开发理论考试系统,最后通过 Unity 3D 三维引擎软件完成虚拟仿真系统开发。运行结果表明,虚拟仿真系统能够克服课堂教学枯燥乏味,同时避免了真机实操带来的安全隐患,有效规范安装操作行为,大大提高了培训效率,虚拟现实技术在设备安装培训方面中应用前景广阔。

关键词: 虚拟仿真;抽油机;三维建模;培训效率

中图分类号: TP391.9;TN919 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 520.6020

Development of virtual simulation system for oil pumping unit installation and training

Wang Dahu^{1,2} Lu Zhengshuai¹ Jia Qian¹

(1. School of Electrical Engineer and Automation, Henan Polytechnic University, Jiaozuo 454000, China;
2. State Grid Fujian Electric Power Co., Ltd. Economic and Technical Research Institute, Fuzhou 350003, China)

Abstract: In order to solve the problem of non-standard installation and low training efficiency in oil pumping unit, the virtual simulation system is developed which is based on virtual reality technology. Research on tower type pumping unit, using 3ds Max to create models which is required in pumping installing virtual scene and using Premiere editing animation video, using Microsoft Visual Studio to develop exam system. Finally using Unity 3D to build virtual scene and develop the virtual system of oil pumping installation. Results shows that virtual simulation system can effectively regulate the installation operation and improve the training efficiency. It shows that the virtual simulation system can overcome the boring classroom teaching and avoid security risks brought by real operation, effectively regulating the installation operation, greatly improving the efficiency. The application of virtual reality technology in equipment installation and training has a promising future.

Keywords: virtual simulation; pumping unit; 3D modeling; training efficiency

1 引言

目前国内石油企业抽油机安装培训主要采用理论讲解和真机实操两种方式^[1]。理论讲解是指采用课堂教学方法讲解抽油机安装规范和流程。真机实操是指直接进行现场安装操作学习。课堂教学枯燥乏味,由于安装工人文化水平偏低,存在理解困难和培训效率低等问题;真机实操存在安全隐患,并且影响正常生产作业。针对上述问题,李从信等人^[2]提出基于 Multi Gen Creator 的抽油机虚拟仿真培训系统,搭建了抽油机三维场景,实现了用户与抽油机虚拟

交互。王海生^[3]提出基于 VRP(virtual reality platform)的虚拟仿真培训系统,设计了仿真系统与数据库的连接,同时具有信息查询、比较、存储等功能。

以上学者各自用不同的方法实现了抽油机的虚拟仿真,但只针对抽油机操作技能的仿真训练,而且缺少安装培训的虚拟仿真,实现了抽油机虚拟交互功能但不具有结构展示、视频教学和理论考核功能。本文提出了一种基于 Unity 3D 的塔架式抽油机虚拟仿真系统,包括结构展示、视频教学、仿真实操和考试系统 4 个部分。以塔架式抽油机为研究对象,首先采用 3ds Max 三维建模软件创建抽油

机安装虚拟场景三维模型,利用 Premiere 视频编辑软件合成视频动画,然后利用 Microsoft Visual Studio 工具开发理论考试系统,最后通过 Unity 3D 三维引擎软件完成虚拟仿真系统开发。运行结果表明:虚拟仿真系统能够克服课堂教学枯燥乏味,同时避免了真机实操带来的安全隐患,有效规范安装操作行为,大大提高了培训效率。

2 系统总体设计

以塔架式抽油机为研究对象,依据《抽油机安装工程施工作业及验收规范》可知,安装次序为水泥基础,底座和机架,配重箱以及上平台等。其具体详细的安装规范流程如下:1)安装水泥基础,将水泥基础安装在距离抽油树 1.54 m 的距离;2)吊装底座和机架,保持底座正面中心和水泥基础正面中心重合的情况下,将底座放置于水泥基础上,并用地脚螺栓将水泥基础连接牢固;3)吊装配重箱,用连接销将上、下配重箱连接起来,吊放在机架后部的水泥基础上;4)吊装上平台,将上平台吊放在机架上,用螺栓将上平台与机架连接牢固后,连接前支撑,将电控柜吊放在机架后面的底座上,连接动力线路和信号线路等,接通电源;5)挂载启动控制系统,点动下行,通过后传动带提起上配重箱上行,前传动带下行将悬绳器与光杆连接;6)挂载拼箱及运行,点动上行,电机反转,光杆上行。上配重箱下行至下配重箱处,用连接销将上、下配重箱连接起来。最后,按抽油机参数要求完成调试,进入正常运行作业。

为解决目前抽油机安装不规范和培训效率低等问题,克服课堂教学的枯燥乏味,同时又避免真机实操带来的危险,系统仿真系统需要具备以下 4 大功能:结构展示、视频教学、仿真实操和理论考核。在结构展示部分,学员可以从任意视角观察抽油机三维模型,了解抽油机组成和各部分形状,为进一步学习奠定基础。在视频教学部分,学员可以观看视频教学动画,来进一步了解抽油机安装流程和相关细节,通过三维动画还原现场实际安装过程并配以讲解如亲临现场。在虚拟实操部分,学员用来实现与抽油机虚拟交互,模拟练习安装,为规范安装操作系统会提供操作步骤,并根据操作结果对错决定是否进入下一步。在理论考核部分,学员通过答题检查自身理论水平,为教员掌握学员真实水平提供一个平台,为此需要开发考试系统,同时具备用户管理、题库管理、自动评分和成绩查询等功能^[4]。

3 关键技术研究

安装培训虚拟仿真系统开发流程如图 1 所示。首先收集资料,通过采用现场拍照和搜索引擎等多种方式获取设备外形、安装方式、抽油机安装规范和考试试题等相关资料,并根据设备外观特征和动作特性,确定模型创建次序以及要实现的动作。然后采用 3ds Max 三维建模软件依次创建水泥基础、底座、机架、上平台、配重箱和电控箱等的模型,并将模型需要导出为 .max 格式的文件,同时根据制作

三维动画需要渲染输出格式为 .png 格式的动画序列帧。在 Unity 3D 开发平台,将 .max 格式文件导入后,通过编写 C# 脚本控制模型动作,实现抽油机结构展示和虚拟安装交互功能,在 Premiere 视频编辑软件中,导入生成的 .png 格式文件,根据需要添加音频和字幕混合编辑后导出视频动画。在 Visual Studio 平台搭建考试系统框架,设计用户登录界面和系统运行界面,并与创建的 Access 试题表和用户注册表建立连接,将搜集的试题手动添加到试题表中。最后,进一步优化 UI 设计,测试系统功能,并发布成可执行程序。

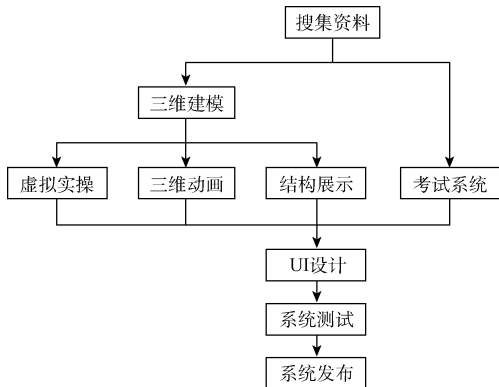


图 1 系统开发流程

3.1 三维建模

三维模型是虚拟仿真系统开发的基础,模型的好坏直接影响虚拟场景的真实度^[5]。要想模拟抽油机安装过程,首先要建立水泥基础、塔架、上平台、配重箱和电控箱等相关的三维模型。本文采用的建模软件是 3ds Max,三维建模的方法很多如多边形建模、面片建模、NURBS 建模等方法^[6],由于多边形建模简便快捷而且能够表现细节,因此在三维模型创建中主要采用多边形建模方法。

为了提高模型的逼真度,首先需要到现场拍照,搜集抽油机外形照片和结构原理图。然后依据这些照片在 3ds Max 中创建三维模型,基本模型创建好以后需要为模型添加材质、纹理贴图,设置灯光参数。最后将模型渲染输出所需要的图片为设计 UI 和制作三维动画做准备,将模型保存为 .max 格式文件为进一步在 Unity 3D 中创建虚拟场景提供素材。以塔架为例,为了匹配场景预设提高工作效率,需要先进行单位设置。首先在场景中创建一个长方体,设置长、宽、高参数。接下来复制长方体并沿 X 轴平移一定的距离,两个长方体作为塔架垂直方向上最近的支架,然后将长方体复制后水平旋转 90°调整尺寸后对齐。将水平长方体阵列,选中对象在编辑菜单下方选中阵列在其对话框中设置沿轴方向向下平移一定的距离数量为 4,接着选中最高处的水平长方体复制后旋转合适的角度保证两端作为小长方形的对角线,然后将其阵列平移距离与上面一样数量为 4,这样便可以得到支架的一部分。在三维场景中将该

部分通过组命令将它们合并为一个组,对这个组对象使用镜像工具便可以得到关于轴对称塔架的一个面。将上面做好的面复制后沿Y轴方向平移一定距离得到支架的另外一个面。同理,可以得到支架的另外两个面。支架表面为了防锈一般都会刷层漆,因此选择虫漆作为材质。首先将材质拖放到材质球上,然后将材质赋予支架,并在场景中显示。为了创建具有将三维场景转化为真实感的图像和方便制作三维动画,需要对三维模型渲染^[7]。抽油机实物照片和渲染后抽油机三维模型对比如图3所示。

建模过程中掌握一定的技巧,可以提高建模的效率,改善建模的效果。例如,分析仿真对象,注意多使用阵列和镜像工具特别是对于对称的物体,这样可以大大提高建模的效率;建模过程中需要注意尽量减少模型的面数以及删除看不见的面^[8],这样可以减轻硬件的负担和系统开发的时间,降低成本;注意及时保存文件,防止突然断电、死机等原因而导致文件丢失。



图3 抽油机实物照片与三维模型对比

3.2 三维动画

为增加系统交互性和实用性,采用Premiere制作视频教学动画。常用的视频编辑软件很多如会声会影、Sony Vegas和Premiere等。由于Premiere功能强大,专业性强,且能够和Adobe Photoshop配合使用^[9],因此三维动画采用Premiere制作。

在制作三维动画前,需要根据抽油机安装流程制作文字脚本,并在Adobe Photoshop中制作视频动画的字幕。首先,新建空白画布,设置画布大小为1280×720。为了定位字幕的位置、文字的大小和颜色需要在画布底部画为45 cm×3 cm的矩形框并填充为紫色作为字幕背景,文字颜色为白色。然后新建图层将文字脚本复制到紫色区域将图层命名为1。注意调整字体的颜色、字型和字号,以便在制作出的三维动画美观。在字幕制作过程中,注意调整文字的位置放到紫色区域的正中间,注意断句字幕末尾无标点符号。将每一段文字所在图层放到同一组中,这样便于后期对字幕修改。最后制作好字幕后保存为命名为

字幕,格式为.psd。另外用普通话朗读文字脚本通过手机或其他录音设备录音,将文字转化为音频以便制作动画时使用。

素材资料搜集整理制作好后,即可进行视频编辑。首先打开软件后在“新建项目”对话框中设置文件位置为桌面和文件名命名为视频动画。文件的保存要放到易于查找的地方,文件命名应简洁与内容相关。然后将素材导入项目。不同类型的文件放到不同的文件夹,如音频、图片、字幕等,这样便于在视频编辑时查找和使用。最后,编辑视频合成三维动画。在编辑三维动画时,要注意字幕、音频和视频动画三者要保持一致防止发生错乱,造成视频、声音、和字幕节拍不同。合成导出动画时,选择逐行扫描,输出格式为.avi,便于接下来在Unity 3D中使用。制作出的三维动画如图4所示。

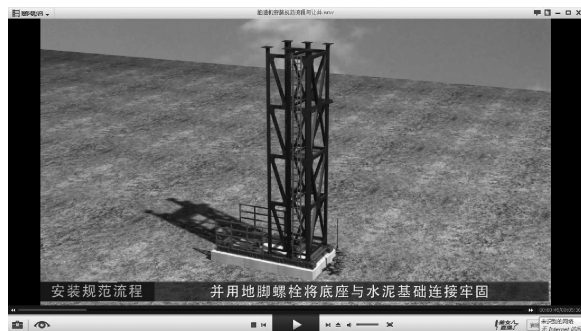


图4 三维动画

3.3 虚拟仿真

在3ds Max建立的模型是静态的,要想模拟抽油机安装实现交互功能,需要为模型添加脚本赋予模型动作特性。

3.3.1 结构展示

结构展示是将三维模型放置在场中,通过鼠标来实现对三维模型的放大、缩小、旋转操作以便观察三维模型细节。在Unity 3D场景中,实现三维模型放大、缩小和旋转操作是通过改变摄像机与模型的相对位置来实现^[10]。在Unity 3D中,采用C#语言编写脚本判断鼠标滚轴的旋转方向以及旋转的圈数,以便让摄像机拉近和拉长与抽油机三维模型的距离,另外应采用BoxCollider碰撞检测器,防止摄像机缩放中穿越抽油机内部与实际不符。

3.3.2 视频动画

视频动画是指在主界面单击视频教学按钮时即可进入视频播放主界面实现视频的播放、暂停和退出功能。首先将制作好的三维动画,以文件的形式导入Project,导入后会自动生成对应的电影纹理。视频一般包含音频,导入后音频会自动生成audio文件。然后在Hierarchy窗口中新建一个Plane对象,将视频附加在Plane对象上播放,在窗口中新建一个Directional light光源用于点亮整个视频场景;最后创建主摄像机对准Plane对象,这样在Game窗口中就能观看到视频的播放。使用对象附加的方法是为电影

纹理(Mov Texture)对象赋值,那么在脚本中直接可以使用。部分程序如下:

```
void Update () {
    if(_Video==0){
        gameObject.renderer.material.mainTexture = _move[0];
        gameObject.audio.clip = _audioclip[0];
    }
    if(Input.GetButtonDown("Jump")){
        Renderer r = GetComponent<Renderer>();
        MovieTexture movie = (MovieTexture)r.material.mainTexture;
        if (movie.isPlaying){
            movie.Pause();
            gameObject.audio.Stop();
        }
        else {
            movie.Play();
            gameObject.audio.Play();
        }
    }
}
```

在控制程序中首先定义 MovieTexture 数组和一个 AudioClip 数组来存储当前的视频和音频资源,并在“Inspector”面板中拖动视频文件和音频文件数组赋予初值。然后通过采用 GetComponent 函数获取变量的控制权,控制视频的播放和停止,具体逻辑为:当按下空格键(Jump)时,如果视频正在播放则停止,反之则播放。

3.3.3 仿真实操

仿真实操是模拟抽油机安装过程,通过规范化操作来提高实际操作的规范性,减少误操作对设备的损害。在 Unity 3D 中为用户提供一个设备选择菜单,点击设备选中后拖放到指定的位置,设置相应的距离参数实现虚拟安装功能。在用户鼠标单击设备选中时,设备颜色将发生变化以便与其他的设备和选中前后进行区分^[11]。选中放置位置设置好参数确定后,系统实现动作需要缓冲时间,在该段时间内可以通过加载相应安装三维动画视频让动作更加的流畅,增强视觉效果。

3.4 考试系统

在理论考核部分,学员通过答题检查自身理论水平,为教员掌握学员真实水平提供一个平台。常用的数据库有 Access 数据库、MySQL 数据库、Oracle 数据库和 DB2 等,Access 数据库小巧便捷,上手容易,因此考试系统采用 Access 数据库。在 Visual Studio 平台开发考试系统,首先设计注册登录界面。图形化界面设计,只需修改相应的参数拖拽相应的控件即可实现。界面采用以蓝色为底,标题采用灰色,文字黑色^[12]。为了简化考试形式,试题采用单

选和多选的形式。系统在调用 Access 数据库之前需要先建立两张 Access 表,一张用于存放用户注册信息、考试得分情况和考试时间等信息,另外一张用于存放考试试题和答案。在随机抽取试题组成考卷时,通过函数获取试题总数,将所有试题的 ID 号读取到数组中,然后产生随机数分别将 ID 号对应的试题组成试卷,为了避免重复需要判断本次 ID 号与以上几次的 ID 号是否一样,相同则本次抽取数值无效。考试系统主界面如图 5 所示。



图 5 考试系统界面

4 系统测试

为了进一步验证安装虚拟仿真系统性能,将使用 Unity 3D 创建的虚拟仿真系统生成 .exe 格式文件,即可双击运行测试。如图 6 所示,系统主界面系统,在主界面中可以看到有 4 个部分结构展示、视频教学、虚拟实操和理论考核。用鼠标点击不同的按钮则会进入不同的场景。与此同时,在主界面的左下角有退出按钮,用鼠标点击后会直接将系统关闭。虚拟仿真系统需要进行测试,针对不同的操作系统发布的版本也是不一样的,一般发布 Windows32 位和 64 位的同时发布,这样无论是 32 位的操作系统还是 64 位的操作系统都能运行。

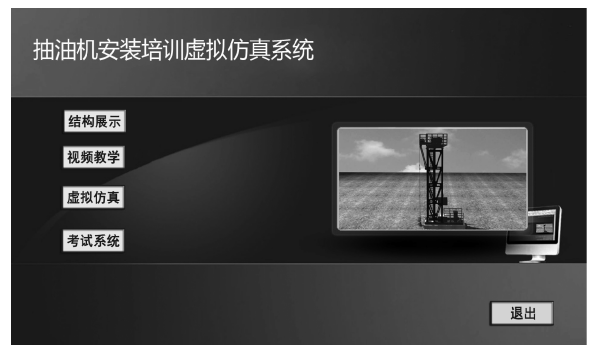


图 6 系统主界面

5 结 论

本文开发的抽油机安装培训虚拟仿真系统,与单一交互仿真系统相比具有结构展示、视频教学、交互仿真和理

(下转第 108 页)