

文章编号:1671-251X(2021)S2-0155-04

# VR 技术在煤矿应急救援培训中的应用研究

赵美成<sup>1</sup>, 乔金林<sup>1</sup>, 冯孟奇<sup>2</sup>

(1. 国能神东煤炭集团有限责任公司, 陕西 神木 719300;

2. 国能和利时信息技术有限公司, 北京 100011)

**摘要:**目前煤矿企业应急救援培训基本上采用应试教育模式,即教学和实践相分离,培训效果不理想。提出将 VR 全景视频与 Unity3D 引擎技术应用于煤矿应急救援培训,从全景视频热点交互和设备组装拆解 2 个方面阐述了基于 VR 技术的煤矿应急救援培训实现方案。采用 VR 技术可搭建沉浸式学习情境,使受训人员在 VR 全景视频中完整地学习日常救援工作、操作各类设备,在视觉和交互方面大大提升了受训人员的用户体验,提高了培训效果。

**关键词:**煤矿应急救援;应急救援培训;虚拟现实;VR;全景视频;热点交互;设备组装拆解

**中图分类号:**TD67 **文献标志码:**A

Application of VR technology in coal mine emergency rescue training

ZHAO Meicheng<sup>1</sup>, QIAO Jinlin<sup>1</sup>, FENG Mengqi<sup>2</sup>

(1. CHN Energy Shendong Coal Group Co., Ltd., Shenmu 719300, China;

2. CHN Energy Hollysys Information Technology Co., Ltd., Beijing 100011, China)

## 0 引言

中国煤矿企业已建立了煤矿安全培训体系。为了真正发挥煤矿安全培训作用,提高员工安全素质,保障煤矿企业安全生产,仍需要煤矿安全培训体制机制、培训内容及技术上的创新。目前煤矿企业应急救援培训普遍没有形成自己的特色,教学方法和手段落后,基本上仍采用应试教育模式,即教学和实践相分离。大部分煤矿井下作业人员文化程度偏低,难以满足技术含量较高的岗位要求,同时人员接受培训教育的能力较差,培训工作缺乏基础教育的支撑,加上培训方式单一、缺乏针对性、内容枯燥等问题,大大影响了培训效果。

基于视频的教学模式改变了煤矿应急救援培训课堂教学中以教为主的模式。但传统的视频教学模式已很难起到十分有效的作用。全景视频交互方式激发了视频本身的交互性及其所创造的交互环境,为受训人员自主学习及合作探究提供更多的时间和空间。本文提出采用 VR 技术中的全景视频热点交互方式结合体感交互式设备对相关仪器、设备进行

模拟实操,可在培训过程提高受训人员的主动性、内容的深入性、受训人员与教学内容的交互性,使传统视频的被动式接受培训变成身临其境的实操训练。

## 1 关键技术

(1) 全景视频。是一种新兴的富媒体技术,其与视频、声音、图片等传统流媒体最大的区别是可操作、可交互。全景分为虚拟现实和 3D 实景 2 种。虚拟现实是利用 3D 建模软件制作出来的模拟现实的场景。基于全景图像的真实场景虚拟现实技术通过计算机技术实现全方位互动式观看真实场景的还原展示。3D 实景是利用单反相机或专业的全景相机拍摄实景照片,经过特殊拼合、处理进行合成,最终在 VR 头显设备中播放。

(2) 热点交互。在全景视频中增加可交互的触发点。全景视频具有全方位无死角、形象、直观的特点,热点交互能够丰富、加强与放大这种感受,突破纯播放、纯观看的局限。

(3) 设备组装拆解仿真。采用粒子模拟、流体模拟等技术实现对机械、工具、生产设备等工作原理

收稿日期:2021-07-22;责任编辑:李明。

基金项目:国家重点研发计划项目(2016YFC0801800)。

作者简介:赵美成(1968—),男,鄂尔多斯人,工程师,主要从事煤矿通风安全、应急救援方面的工作,E-mail:10026320@chnenergy.com.cn。

的 3D 仿真,体现设备工作介质的流动过程及设备零部件的运动方式,配合动画、语音、文字描述设备的工作原理,构建并规划拆装的主要操作步骤和路径,严格按照操作规程实施设备操作,在 VR 设备中实现交互式的虚拟拆装仿真,使学员准确、直观地了解设备的拆装顺序和工艺,加深学员对设备内部结构和工作原理的理解。

## 2 全景视频的实现

全景是将多张图像或视频按一定的投影方式(如 Equirectangular, Mercator, Equisolid 等)进行拼接,最终形成 360°围绕观察者的图像。根据煤矿应急救援培训需要,全景视频涵盖了虚拟现实全景视频和实景全景视频 2 种。

虚拟现实全景视频通过 3D 扫描硬件和 3D 模型处理软件,制作并构建应急救援培训中所需的虚拟场景 3D 模型,输出数据为 FBX 格式。通过导入 Unity3D 游戏引擎构造应急救援培训场景,设计并编写动画脚本,然后通过 VR Panorama 360 PRO Renderer 插件进行全景视频的渲染与导出。

实景全景视频通过 Insta360 影石 Pro2 全景相机直接拍摄,然后将拍摄的素材通过 Insta360 STITCHER 内容拼接程序快速合成全景视频。

## 3 热点交互设计与实现

### 3.1 全景视频热点交互的实现

根据全景视频内容和培训目标,设计培训过程大纲。根据大纲进行热点设计,配置热点触发的场景、切换路径及热点文案交互逻辑。

热点要素编辑:基于 Unity3D 游戏引擎设计了一套完整的热点要素编辑模块 HotspotsEditor。通过 HotspotsEditor 进行热点类型定义,定义好的热点类型会以模板预制体形式存在,实例出来的热点对象都需要依赖这些模板。之后以视频中帧为单位定义时间轴 Timeline,在对应关键帧 Key Frame 上创建 Hotspot 对象,1 个 Key Frame 上可以创建多个不同或相同类型的 Hotspot 对象,如图 1 所示,最终生成 1 个 JsonData 视频热点播放文件,每个视频对应 1 个 JsonData 文件。视频播放时会加载该 JsonData 文件,到对应关键帧时创建热点。每个 Hotspot 对象有对应的交互事件,根据交互事件进行深度学习。编辑时支持 2 种方式:播放时根据视频内容自定义热点;直接修改 JsonData 文件。

带有热点的全景视频播放与交互:考虑到 VR 设备的多样性,基于 Unity3D 游戏引擎开发了可支持多种 VR 设备(包括主流的 PC 端产品

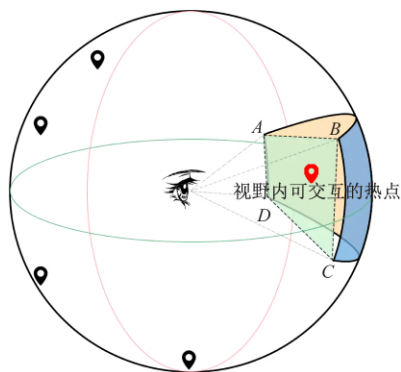


图 1 全景视频中的交互热点

HTCViVE, OculusRift, 以及移动端产品 Oculus Quest2, Pico Neo 2 lite, HTC Focus 等)使用的热点全景视频播放程序。视频可以在上述设备上流畅播放,同时可使用配套的交互设备进行交互。视频默认支持 MP4, AVI 格式。

### 3.2 HotspotsEditor 设计

HotspotsEditor 根据视频帧数 Frame 定义时间轴 TimeLine, 视频播放进度以 TimeLine 为索引列表, 可快进、快退、倍速播放。同时定义了关键帧 Key Frame 概念, 可将任意 1 帧标记为 Key Frame。Key Frame 中保存了当前视频画面下的热点 Hotpots 信息, 最终生成 1 个 JsonData 文件。每个视频对应 1 个 JsonData 文件, 根据 JsonData 内容进行视频播放。

JsonData 文件数据结构如下。

```
{ "VideoName": "NameXXX", "url": "127.0.0.1",
  "FrameCount": 1000 }
{ "FrameNo": 1, "KeyFrame": false, "Data": [] }
{ "FrameNo": 2, "KeyFrame": false, "Data": [] }
{ "FrameNo": 3, "KeyFrame": false, "Data": [] }
{ "FrameNo": 4, "KeyFrame": true, "Hotpots":
  [ { "hotpotType": "VideoHotpot", "data": { } }, { "hotpotType": "TextHotpot", "data": { } }, { "hotpotType": "ImageHotpot", "data": { } }, { "hotpotType": "GameHotpot", "data": { } } ] }
{ "FrameNo": 4, "KeyFrame": false, "Data": [] }
.....
```

针对应急救援培训内容和形式, 设计了 1 个热点基类 HotpotBase 和 4 种不同类型的派生类, 包括视频热点类型 VideoHotpot、文字热点类型 TextHotpot、图片类型 ImageHotpot 和程序热点类型 GameHotpot。各类型热点功能见表 1。

热点基类 HotpotBase 的属性包括名称、ID、Icon 图标、内容标志、相对位置、存留时间、交互事件 OnClick(跳转)、交互事件 OnHover(不跳转)。视频热点类型 VideoHotpote 的属性包括继承基类 HotpotBase、视频存储地址、Json 数据文件地址。

表 1 热点功能

名称	类型	主要功能
VideoHotpot	视频	视频切换跳转,根据热点对应的内容进行
	热点	行视频学习
TextHotpot	文字	以文字形式解释说明热点对应的内容
ImageHotpot	图片	以图片形式展开热点对应的内容
	程序	场景跳转,根据热点涉及的知识点进行
GameHotpot	热点	模拟实操

文字热点类型 TextHotpot 的属性包括继承基类 HotpotBase、文字内容。图片热点类型 ImageHotpot 的属性包括继承基类 HotpotBase、图片地址。程序热点类型 GameHotpot 的属性包括继承基类 HotpotBase、ab 资源包地址。

每个热点需要注册交互事件 OnClick 和 OnHover。OnClick 是跳转场景事件,即需要暂停当前全景视频播放,跳转到新的场景中,包括全景视频、全景照片、VR 交互程序等。OnHover 是不跳转场景事件,即暂停当前全景视频播放,将需要显示的内容叠加到当前视频画面上。

由于 OnClick 事件为跳转场景事件,所以设计了全景视频播放栈 VideoStack 数据结构。该栈主要在通过热点 OnClick 事件触发跳转时,保存当前全景视频暂停状态 Push 到 VideoStack,当需要返回时进行 POP 操作。

3.3 全景视频热点交互逻辑

根据培训内容或主题设置一个默认的全景视频作为入口,在 VR 设备中播放。程序加载 JsonData 数据文件,自动在关键帧生成相应热点,通过 VR 设备配套的外设与热点进行交互,根据交互方式触发 OnClick 或 OnHover 事件。OnClick 事件进行场景跳转,跳转后进行场景判断,如果是图文则下一步交互只能为返回操作,如果是视频可返回或继续跳转,如果是程序则可通过外设进行设备组装拆解或返回操作。OnHover 事件进行视频暂停展示,退出 OnHover 继续播放。详细逻辑如图 2 所示。

4 VR 设备组装拆解设计与实现

(1) 3D 数据建模。为了提高模型的精密程度,大部分模型通过 FARO® Freestyle 2 手持式 3D 扫描仪进行扫描,然后将扫描的模型导入 3DMax 软件进行减面、修缝而建立。

(2) 设备模型数据库建立。对构建的模型赋予属性参数,包括名称、编号、类型、生成日期、规格参数说明、使用说明等,之后保存到数据库中。

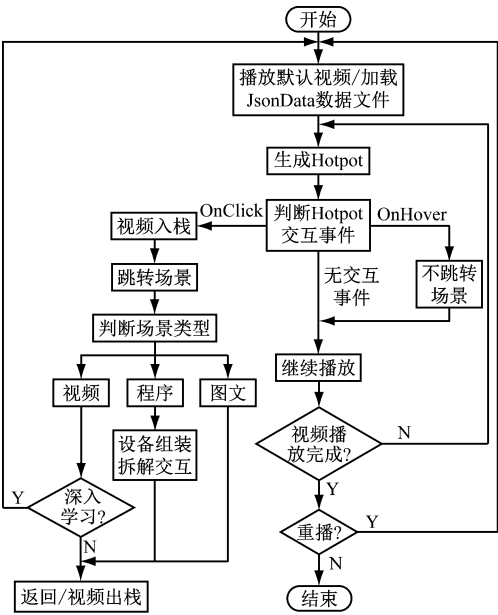


图 2 全景视频热点交互逻辑

(3) 基于 Unity3D 引擎进行可视化编辑。在 Unity3D 游戏引擎中开发了设备装配编辑器 AssemblyEditor,其主要功能包括模型选择和模型关系指认。模型选择是根据培训内容或主题挑选 3D 模型,AssemblyEditor 链接模型数据库,根据设备类型选择对应的模型资源;模型关系指认是将所选的模型数据进行依附关系关联,创建父子节点的逻辑概念。

(4) 模型关系关联数据结构构建。当设备零件过多时,模型关系指认变得尤为复杂且易出错,为此设计了树型数据结构 ModelRelationTree。挑选一个模型为 Root 根节点,然后逐层往下进行 Parent-Children 关联指认。装配过程同样依照该数据结构进行,即在组装和拆解时只能从 Children 节点往 Parent 节点上吸附(Attach)或分离(Detach)。

(5) 工具类设计。设备的组装和拆解操作需要进行 1 次逻辑判断,不能直接进行 Attach 和 Detach,如不同规格的螺栓需要相应的扳手或工具才能操作。为了进一步提高培训效果,设计了 Tools 基类,在此基础上定义装配过程中所需的工具类型,当有新的零配件加入数据模型库时,工具类可支持拓展。工具类根据设备属性中的规则参数进行逻辑判断,当进行 Attach 或 Detach 操作时,当前使用的工具若对应要操作模型的规格参数,本次操作才视为有效。

(6) VR 交互设备按键配置。对 Attach、Detach、UI 界面选择,模型拾取等操作触发事件进行封装。预留设备交互接口,根据不同 VR 外设按键进行配置。本文研究支持所有主流 PC 端的 VR 交互外设。

(7) 程序打包。完成设备装配的可视化编辑、配置工作后,保存场景,然后对场景中的所有资源进行 AssetBundle 打包操作。AB 资源包保存到相应地址。每个独立的 AB 资源包即是一个可在 VR 设备中运行的设备组装拆解程序资源,可单独打开作为一个 VR 程序。本文将其作为全景视频热点交互后触发的内容,效果如图 3 所示。这样根据热点对应内容进行更深入的学习,使整个培训过程更加体系化。



图 3 VR 设备操作程序效果

## 5 总结及展望

VR 技术与应急救援培训的融合创造了一种新型的受训环境,有助于解决长期以来煤矿应急救援培训过程中的不足。本文采用 VR 全景与 Unity3D 引擎技术,构建了 VR 全景视频热点交互与 VR 设备组装拆解的培训体系,通过系统化教学设计,将学习内容合理地融入培训任务中,情境设置有助于为受训者搭建沉浸式学习情境,在视觉和交互方面大大提升了受训人员的用户体验,帮助受训人员进行有意义的知识构建与探究学习。

基于 VR 技术的煤矿应急救援培训展望:① 云 VR 技术是 VR 培训教学领域得以规模发展的关键点,有利于全面且便利地提高教学能力和质量,带动整个 VR 产业的生态发展,提升 VR 技术在应急救援领域应用的可行性、可靠性和稳定性。② 目前 VR 设备由于易产生运动症,不能长时间使用,内容创作上存在一些专业问题。要使全景视频成为主流培训内容载体,一系列的科学研究亟待教育研究者和实践者探索。

### 参考文献:

- [1] 洪洋,周科平,梁志鹏,等. 基于 VR 技术的非煤矿山火灾应急培训系统的开发[J]. 黄金科学技术, 2019, 27(4): 629-636.
- [2] 孟利清,徐艺,王浩,等. VR 技术在高校实训教学中的应用——以物流工程专业为例[J]. 物流技术, 2018, 37(1): 150-152.
- [3] 周凡,张伟,杨付正. 基于 OpenGL 的交互式全景视频显示系统[J]. 液晶与显示, 2018, 33(9): 808-815.
- [4] 陈强盛,王云,万红红. 基于 VR 技术煤矿灾害应急处置培训模式应用设计[J]. 同煤科技, 2020(3): 21-23.
- [5] 王秀萍,程文明,梁晓波,等. 基于 VR 的起重运输机械培训仿真系统的研究[J]. 机械设计与制造, 2015(7): 223-226.
- [6] 赵伟,费琪. 基于 VR 技术的军用操控设备训练虚拟化技术[J]. 计算机技术与发展, 2016, 26(9): 109-113.
- [7] 谭诚,姜润东,刘成源,等. 基于 VR 的倒闸操作票模拟与培训仿真技术初探[J]. 东北电力技术, 2017, 38(2): 57-59.
- [8] 王娜,沈力,邓舒平. VR 虚拟现实在电力安全生产教育培训中的应用[J]. 通信电源技术, 2017, 34(5): 166-167.
- [9] 施鹏. VR 技术在安全生产培训中的运用[J]. 安全, 2017, 38(8): 54-56.
- [10] 汪泽伟,于有光,杨付正. 基于 HTC Vive 的全景视频显示质量评估[J]. 液晶与显示, 2018, 33(1): 85-91.
- [11] 李玉胜,董保香,杨振宇. 基于 IdeaVR 的机床拆装虚拟仿真教学探索[J]. 教育教学论坛, 2019(27): 152-153.
- [12] 陈婷婷. 国内互动视频教学研究的热点、趋势与启示——基于 Citespace 的数据可视化分析[J]. 中国医学教育技术, 2021, 35(3): 314-321.
- [13] 任靖娟,王玖炜,曹莉. VR 全景视频制作软件目标可视化三维虚拟仿真[J]. 计算机仿真, 2020, 37(9): 299-302.
- [14] 王元星. 交互热点辅助选取的全景漫游制作平台的研究与设计[D]. 武汉: 华中科技大学, 2019.
- [15] 陈佳祺,傅睿. 基于 Pano2VR 的良渚文化艺术中心交互式全景漫游研究设计[J]. 山西建筑, 2020, 46(11): 192-194.
- [16] 吕梁,魏娟. 基于 Pano2VR 全景漫游系统的动态交互热点功能实现——以动态“直升机”交互热点制作为例[J]. 河南科技, 2020(13): 11-13.
- [17] 程聪,张建军. 基于全景拍照技术的 VR 培训平台开发[J]. 北京工业职业技术学院学报, 2020, 19(2): 11-14.
- [18] 胡静,胡欣宇. 基于 Unity3D 引擎的游戏设计与开发[J]. 电子元器件与信息技术, 2021, 5(2): 138-140.
- [19] 毕神浩,钟晓红,来宇敏,等. 基于 PVAR 模型的能源消费结构与能源效率的关系研究[J]. 工业技术经济, 2021, 40(7): 65-71.