航空科学技术
Aeronautical Science & Technology
Jan. 25 2019 Vol. 30 No.1 66-72

航空事故应急预案虚拟试验教学系统开发与实践

崔利杰*，刘文杰，任博，张贾奎，陈浩然
空军工程大学　装备管理与无人机工程学院，陕西　西安　710051

摘　要：针对传统航空事故应急预案课程教学中存在的内容枯燥、操作性差、学生兴趣不高、效果不理想等问题，提出开发基于多角色协同的航空事故应急预案虚拟实验教学系统。在对整个系统提出具体功能需求的基础上，对系统所需的总体架构、场景建模、多角度协同等关键技术进行了探索分析，并以实例对其实现形式进行了深入解读。该系统的开发，既能有效提升航空事故应急预案教学效果，也为其他类似课程的教学改革提供思路和借鉴。

关键词：航空事故；虚拟现实；应急预案；实验教学系统；多角色

中图分类号：X959　　**文献标识码**：A　　DOI：10.19452/j.issn1007-5453.2019.30.010

应急预案又被称为应急计划，是针对可能发生的灾害或重大事故(件)，为保证事故发生后能够迅速、有序、有效地开展应急救援行动，把人员伤亡和事故损失降低到最低程度而预先制订的有关计划或方案[1,2]。航空应急预案是为应对航空器突发事件以及各种非航空器突发事件所采取的指挥、救援与恢复工作而预先制订的有关计划或方案。作为航空安全管理体系的重要组成部分，开展航空应急预案教学是航空安全工程专业教学的重要内容。但由于航空应急预案自身存在很强的事件模拟性、应急性、程序性、规范性，利用传统教学方法开展此类课程的教学存在着内容枯燥、操作性差、学生兴趣不高、效果不理想等问题，这也是当前困扰同类课程的普遍问题[3~5]。

1 需求分析

建构主义教育理论认为，老师在学生学习过程中应从一名讲演者变为参与者，其工作重心应从传递信息变为确定创造教学方法，从而提升并促进其学习能力[6]。而新一代认知科学——具身认知科学也认为，认知具有涉身性、体验性和环境嵌入性。即认知依赖于有机体的物理和生理过程，人体在与外界环境中的事物相互作用时，会产生身体状态的改变，这种改变会引发受益人身体和心理体验，个体的认知和对世界的观点即来自这种身心体验[7,8]。环境/情境是保证认知的不可缺少的条件，认知的内容、过程和方式与身体紧密相关，身体是处于环境中的身体，因此认知同样应指导性计划至认知者所处的环境。因此，殷明等认为“体验”是获取知识不可缺少的途径，“情境”是左右学生学习过程并且影响教学效果的重要因素。学生在学习过程中是否产生量身体验，都取决于教学情境的生动性和逼真性，情境越生动、越逼真就越能引发个体的身体体验。

自1968年Ivan Sutherland制造出了第一个头戴式显示系统[9]后，虚拟现实技术进入人们的视线。特别是2015年以来，虚拟现实行业呈现出爆发式增长。在教育领域，虚拟现实技术能够提供“沉浸性、交互性、想象性”(3I)重要特征的情境认知模型[9]，极大地克服了传统教学环境的限制，有利于激发学习者的学习动机，增强学习体验，实现情境学习和知识迁移[10]。从这个意义上讲，虚拟现实技术是具身认知观点下教育的必然结果，具身认知理论奠定了虚拟现实

收稿日期：2018-11-05；退修日期：2018-11-19；录用日期：2018-12-05
基金项目：国家自然科学基金(NFSC71401174，NFSC71701210)
*通信作者：Tel.：13488192369　　E-mail：lijie_cui@163.com
引用格式：Cui Lijie，Liu Wenjie，Ren Bo，et al.Development and practices of the virtual experimental teaching system of aviation accident emergency response plan[J].Aeronautical Science & Technology，2019，30(01)：66-72.崔利杰，刘文杰，任博，等.航空事故应急预案虚拟试验教学系统开发与实践[J].航空科学技术，2019，30(01)：66-72.

教育应用的理论基础[11~13]。因此，开发虚拟现实教学系统是解决当前航空事故应急预案教学中存在问题的有效途径。同时，由于航空事故应急预案涉及人员众多、角色定位各有不同，所开发的虚拟现实教学系统还需要借助多角色仿真技术开发仿真环境。具体地说，所开发的航空事故应急预案虚拟现实教学系统应至少具备以下要素：

(1)能够带给学生三维立体虚拟环境，使参与教学训练的学员能够有身临其境的身心体验；

(2)应当给分配角色的学员第一人称的感觉，并允许其在环境中有实时任意活动的自由；

(3)学员能够通过一些控制装置实时操纵和改变用户所进入的虚拟环境；

(4)允许多角色同时进入虚拟环境，并通过相应技术实现多角色的技术协作。

一个好的虚拟现实系统展示，还应该从用户的需求出发，让用户控制系统的顺序、速度，包括图像、文字等关键性的信息。为此，在设计虚拟系统时应遵循以下两条方向性和引导性原则[14]，既要告诉使用者如何去做、去看，给使用者提供足够的信息，但无须呈现大量详细且具压迫性的信息，又要帮助用户关注和了解重点区域，以及如何获得信息。

应急预案教学中的实践演练环节是培养和训练学生航空事故应急处置能力的重要内容，因此应急演练环节是整个教学系统的核心所在。虚拟教学系统应构建围绕应急演练及其评估为核心的完整教学系统，为实现该课程的教学目标提供全新的信息化模式和教学流程，为类似专业课程改革提供新的途径。但作为一个虚拟教学系统，其用户应不仅仅局限于学生，还应为教师准备课程、场景修改、预案设计和考核评估提供条件。同样地，教学系统的学习功能也不仅仅局限于单纯的应急预案虚拟演练，还应包含一些知识学习、信息查询、案例分析等功能。总结起来，该虚拟教学系统的功能应包含“教学准备”“在线课堂”“实践演练”和“系统设置”等四大类13个功能模块，如图1所示。

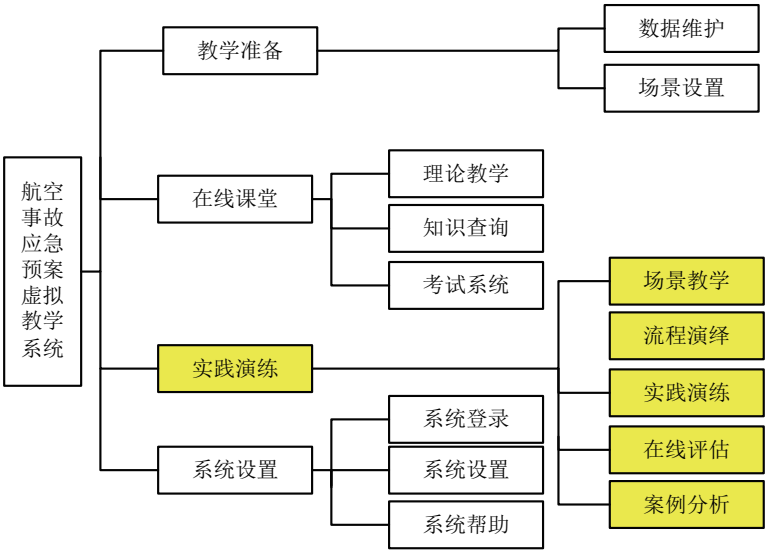

图1 航空事故应急预案教学系统功能模块图

Fig.1 Function module of aviation accident emergency response plan teaching system

在教学准备模块中，教师能够基于使用虚拟现实技术的教学系统所具有的优点，设计和完善虚拟教学系统，如开展数据维护和场景设置。目的在于对系统中包含的教学课件、学习资料、练习题等数据进行维护更新，完成课程教学、讲解实训以及课程考核等环节。主要功能包括：课前在系统的相应模块中对信息点内容进行修改、增加、删除，对教学中需要的虚拟场景及预案进行设计重构，使系统能够更加真实地模拟航空事故发生情况，并在其中穿插进行一系列知识点的教学，能为学生真实模拟现实中的人员动作、环境，与场景搭配形成交互逼真的环境，以供学生实践演练时使用。在线课堂模块主要是提供学生登录系统后能够根据自身情况进行个性化在线学习，主要包括理论教学、知识查询和考试系统三个子模块，分别为学生开展在线理论学习、对关键知识点及参考资料进行查询学习、对课堂内容进行实时考核评估提供

支持。实践演练模块是虚拟教学系统的核心模块，按照功能次序可以分为场景教学、流程演绎、实践演练、在线评估和案例分析5个子模块。其中场景教学是方便教师在演练之间对演练场景进行介绍，流程演绎是对整个演练流程提供帮助和指南，能模拟实际工作过程，以第三人称的视角为主视角，完整演绎工作全过程，并加以解说；在场景设置和预案生成之后学生即可开展应急预案的虚拟演练，虚拟演练过程中，作为教师或其他观看学生可进行在线评估，同样，也可以提取学生的实习成果作为考核依据，检验学生学习知识的掌握程度，在线评估为考试或考核、竞赛提供实时评分，可设置不同的权限和要求，进行逐项打分，最后，整个演练过程能够被实时地录制下来，便于学生演练后进行具体的案例分析，学生可实时录制和观看自己的实训成果。最后，整个教学系统有一个常规的系统设置模块，由系统登录、系统设置和系统帮助等子模块组成。

虚拟现实技术对航空事故应急预案教学要求的场景实现整体仿真，并通过多通道弧幕系统投影出来。并可通过定位器、操作手柄在场景范围内身临其境般地进行鸟瞰、步行、飞行、操作等任意交互漫游和操作。同时，系统配以解说词和背景音乐使教师在高度逼真的模拟场景中进行技能培训、授课和考核。该虚拟教学系统由硬件设备及其配套软件组成。软件部分采用虚拟现实三维视景系统GBviewTM等功能模块，对景点进行高度仿真和展示。硬件设备主要包括GTView计算机集群产品、投影系统、音响系统及操作台、三通道无缝环投巨幕等共同组成一个多通道仿真系统的硬件环境。

2 关键技术

2.1 总体架构

虚拟教学系统整合不同的用户需求，集成不同的教学仿真模块，最终为各类用户提供应急预案教学的学习培训和虚拟演练系统，以提高学生在航空事故中的应急处理水平，降低航空事故的危害性；为航空事故应对的决策准备、应急评估、减轻损失和恢复秩序提供教学训练平台。

系统架构如图2所示，以底层数据库为基础，具体包括教学课件数据库、虚拟场景数据库、应急预案数据库、考试题目数据库、理论知识数据库等，主要提供对用户身份认证、应急预案生成、场景数据抽取、理论知识学习等提供数据支持；模型构建层为不同用户提供在线学习和生成应急预案。具体地需要根据教学系统的业务规则定义分布式三维场景、不同用户行为约束，各用户之间状态、演练规则及对参与演练人员的演练效果评价规则；模型构建层重点对演练过程提供预案支持，使演练过程能够有条不紊地进行，并作为演练评价的主要依据；环境支撑层由Web Sever提供客户端的三维演练场景，并实现场景与虚拟演练平台数据服务器的数据交换，该层可以实现客户端和网络服务器、数

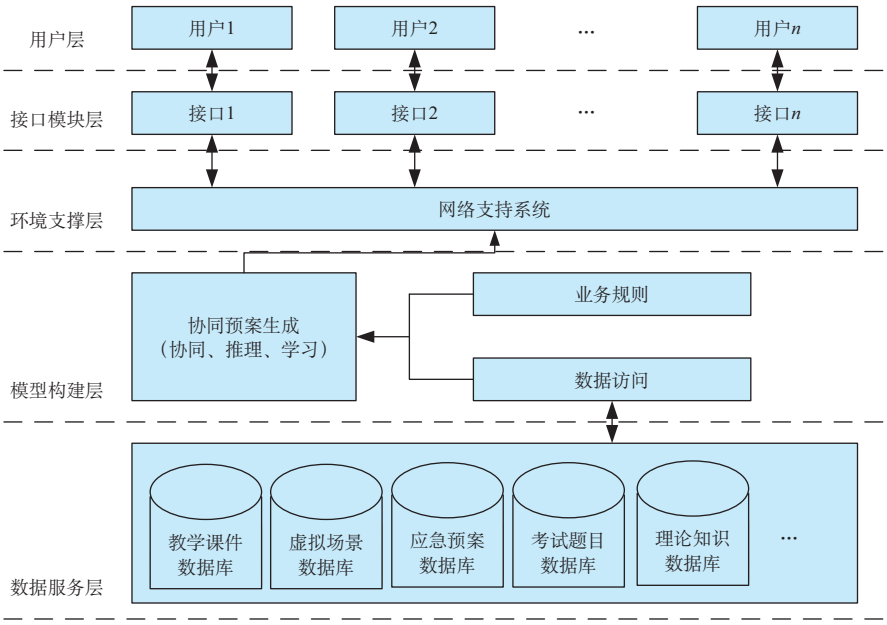

图2 航空事故应急预案教学系统架构图

Fig.2 Architecture of aviation accident emergency response plan teaching system

据服务器的分工协作，使大量的信息处理都分布在服务器端完成，客户端场景浏览器只需处理一些与用户直接相关的信息及三维图形显示工作，从而加快客户端程序数据访问速度，提高系统运行效率。另外，在系统集成的框架下，用户层提供可定制的个性化用户界面，接口层则将各用户与系统按协议进行联接。

2.2 系统建模

提供高精度模型，并采用三维动画的表现形式，对飞行安全中的典型事故进行模拟还原，使学生直观感知事故发生的过程、机理等是所开发的航空事故应急预案虚拟教学系统的重中之重。按照航空事故应急预案所包含的要素，需要构建以下几类模型和场景。

（1）构建机场模型

含机场（跑道、滑行道、各类标识）、保障设施（塔台、机棚）、自然环境（树木、建筑、河山）等，如有可能，应尽量结合实际机场构建。本系统中构建的机场模型如图3所示。

（2）构建飞机建模

需要结合具体机型构建模型，模型应尽量贴近型号，除飞机整体外观外，还应特别对应急预案涉及的关键系统（如前起落架舱、主起落驾舱、液压设备舱、进气道、压气机、发动机舱等）尽可能地进行细化建模，以尽可能地加深学员的直观印象。图4为某型机的整体建模结果和引发此次事故的起落架收入钢索细节图。

（3）事故发生过程建模

应贴合实际，模拟整体事故发生的过程，并增加部分特效，如火情、爆炸、飞行员弹射等场景，使学员更有震撼感、逼真感，增加其学习兴趣。如系统模拟模块，由于部件突然损坏或恶劣气象条件下，导致的飞机迫降坠毁的过程，以震撼、逼真的视觉特效让学生了解事故发生的完整过程，甚至进入某些部件的内部微观细节，掌握事故发生的真实原因与机理。图5为飞机坠毁场景及瞬间的火情。

（4）处理流程建模

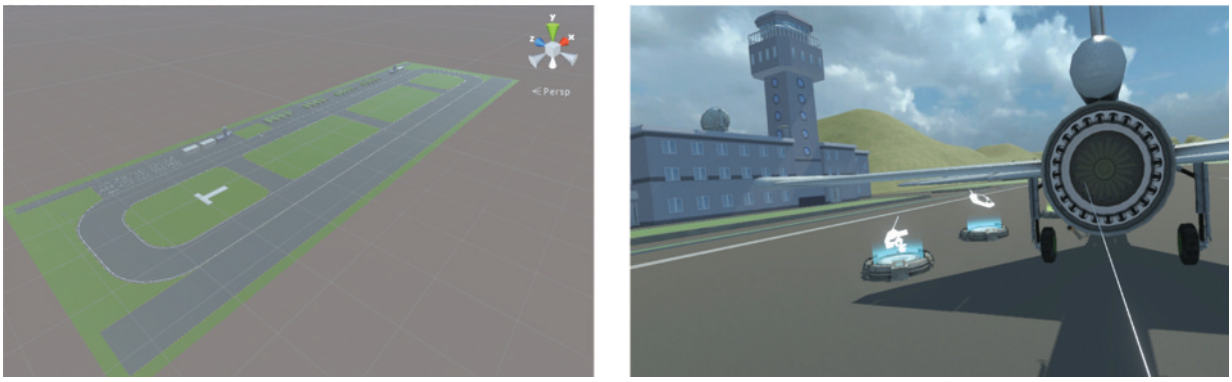

图3 机场模型的构建

Fig.3 Airport model

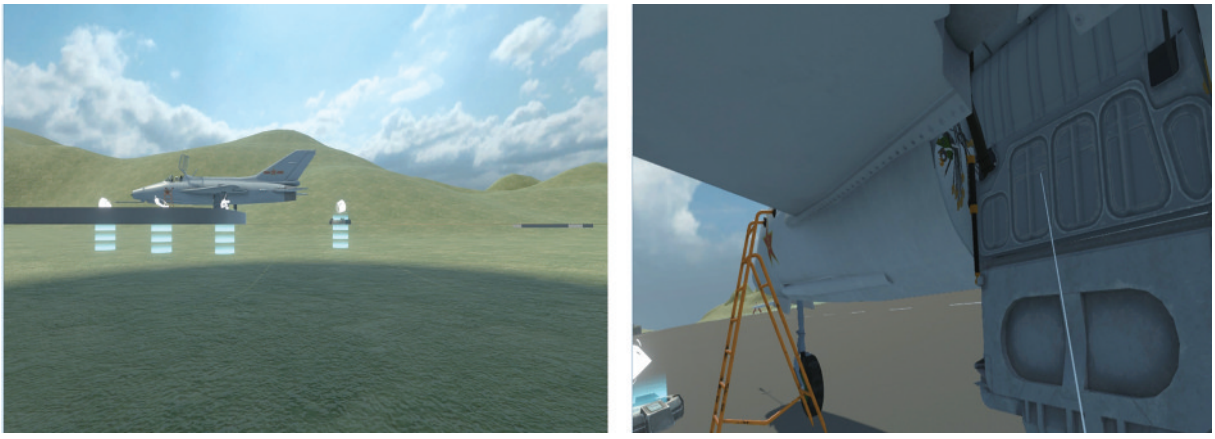

图4 飞机模型的构建

Fig.4 Plane model

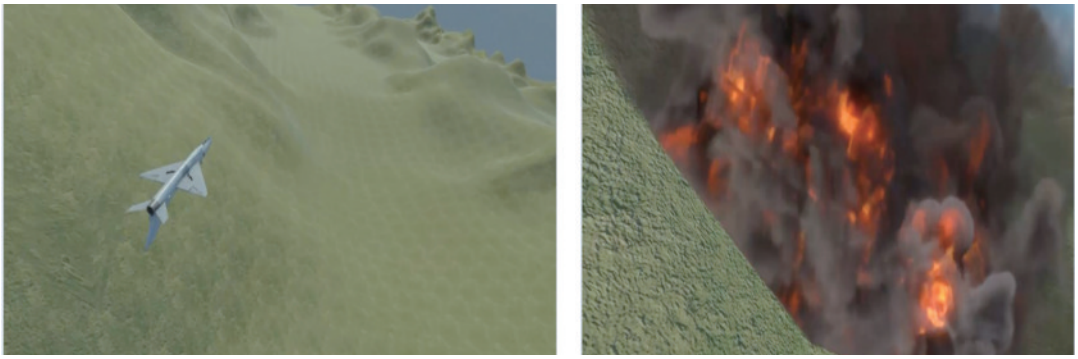

图5 事故场景的构建

Fig.5 Accident scenel

为满足方向性和引导性，场景中设计了明确的应急预案处理流程指示板（如图6所示），便于学员对于整个处理流程、实施方案进行学习了解，并能够通过视频回放、细节察看对整个应急预案进行复盘。

图6 流程指示板的构建

Fig.6 Process indicator board

2.3 多角色协同技术

航空事故应急预案演练需要多人配合，注重协同，而传统的三维场景系统由各个独立的互不相关的个体组成、个体缺乏主动性、个体之间不能进行有效协同等，尤其是对动态性、随机性很强的复杂系统进行仿真时，上述缺点表现的更为明显。随着人工智能领域的发展，多角色技术的引入为系统仿真提供了新的方法和思路，多角色技术具有自主性、智能性以及通信和协作能力。将多角色技术应用于虚拟仿真领域，可以充分而有效地利用知识的表示方法，以及各种学习算法、推理方法等在人工智能领域的研究成果。

对于多角色协同交互技术，最核心和最关键的就是搭建一个协作服务器，通过它对不同参与者的时间同步和事件状态的同步，最根本的还是在于系统用户和服务器的长连接上。该系统提供多角色协同仿真教学，通过服务器引擎实现多用户的数据传输与同步处理，无论学员是否处于同一空间内，均可同步协同处理一个应急预案。目前本系统采用的是Photon服务器引擎，该引擎具有高性能C/C++内核、使用C#语言进行功能扩展、支持可靠的UDP等诸多优点。特别是该引擎能够与Unity 3D平台紧密集成提供强大的网络服务器，提供角色与角色沟通。实现时，幕后网络使用多个服务器：一些“服务器”运行实际的位置(匹配)，而“主服务器”跟踪不同场景与参与角色，图7为协作场景的搭建与设置。

图7 多角色协同场景的布置

Fig.7 Multi-role collaborative scene layout

3 结束语

作为航空事故类突发灾难应急培训的实际需求，应急演练教学系统为各种类型的人群提供航空事故应急响应的学习、培训和虚拟演习平台，能够有效降低突发事件的危害性、减轻灾难损失和恢复秩序。通过实际应用表明，本文所开发的教学系统能够有效解决传统教学中存在的内容枯燥、手段单一等突出问题，实现航空事故应急预案演练过程生动、内容丰富多变的目的。

同时，作为一个开放的系统架构，所开发的虚拟教学系统能够集成教学过程中的一系列其他辅助性功能，借助信息化手段，可以不断增加、补充以涵盖课程教学的诸多要素，能够为进一步实施以虚拟演练教学为核心的航空安全管理类MOOC课程、翻转课堂等奠定基础。

AST

参考文献

[1] 于千雅. 应急预案编制要点的探讨与分析[J]. 辽宁省交通高等专科学校学报,2015,17(2): 43-45.
Yu Qianya. Discussion and analysis of emergency plan editing [J]. Journal of Liaoning Provincial College of Communications, 2015,17(2): 43-45. (in Chinese)

[2] 王翔. 基于消防安全的城市地铁火灾应急预案编制[D]. 西安: 长安大学,2016.
Wang Xiang. Development of emergency plan for urban subway fire based on fire safety[D]. Xi’an: Chang’an University, 2016. (in Chinese)

[3] 王瑜，张琪，徐圆，等. 化工应急预案协同演练与考核系统设计[J]. 计算机与应用化学，2015，32(10):1269-1273.
Wang Yu, Zhang Qi, Xu Yuan, et al. Design of training and evaluating system for chemical emergency plans[J]. Computer and Applied Chemistry, 2015，32(10):1269-1273. (in Chinese)

[4] Tiffany J M, Hoglund B A. Using virtural simulation to teach inclusivity: A case study[J]. Clinical Simulation in Nursing, 2016,12(4): 115-122.

[5] 朱红青, 秦晓峰, 杨成轶. 煤与瓦斯突出事故虚拟仿真系统[J]. 煤矿安全，2014，45(6):89-91.
Zhu Hongqing, Qin Xiaofeng, Yang Chengyi, et al. Virtual simulation system of coal and gas outburst accident[J]. Safety in Coal Mines, 2014, 45(6):89-91. (in Chinese)

[6] Lickteig M K. Creating meaningful learning through autobiography and constructivist design[J]. Nurse Educator, 2004, 29(2): 89-90.

[7] 陈波，陈巍，丁峻. 具身认知观：认知科学研究的身体主题回归[J]. 心理研究，2010,3(4)：3-12.
Chen Bo, Chen Wei, Ding Jun. The viewpoints of embodied cognition: The bodily regression of cognitive science[J]. Psychological Research, 2010,3(4):3-12. (in Chinese)

[8] 王美倩，郑旭东. 基于具身认知的学习环境及其进化机制：动力系统理论的视角[J]. 电化教育研究，2016(6):54-60.
Wang Meiqian, Zheng Xudong. The embodied cognition based learning environment and its evolution: From the perspective of dynamical systems theory[J]. e-Education Research, 2016 (6):54-60. (in Chinese)

[9] Wikipedia. Altair 8800[EB/OL]. (2016-04-20). https://en.wikipedia.org/wiki/Altair_8800.

[10] Burdea G C, Coiffet P. Virtual reality technology[J]. Presence Teleoperators & Virtual Environments, 1992, 12(6): 663-664.

[11] 刘德建，刘晓琳，张琰，等. 虚拟现实技术教育应用的潜力、进展与挑战[J]. 开放教育研究，2016, 22(4): 25-31.
Liu Dejian, Liu Xiaolin, Zhang Yan, et al. The application of virtual reality technology in education: Potential, current situation and challenges[J]. Open Education Research, 2016, 22 (4): 25-31. (in Chinese)

[12] 张志祯. 虚拟现实教育应用：追求身心一体的教育[J]. 中国远程教育，2016(6)：5-11.
Zhang Zhizhen. Virtual reality in education: A mind-body integrated approach[J]. Distance Education in China, 2016(6)：5-11. (in Chinese)

[13] 李青, 赵越. 具身学习国外研究及实践现状述评：基于2009—2015年的SSCI期刊文献[J]. 远程教育杂志, 2016(5): 59-67.
Li Qing, Zhao Yue. State-of-the-art on embodied learning：Based on SSCI-indexed journal articles from 2009 to 2015[J]. Journal of Distance Education, 2016(5): 59-67. (in Chinese)

[14] 任海鹏,邓春红,孙宇. 虚拟现实技术在现代教育中的应用研究[J]. 电脑知识与技术,2018(15)：217-220.
Ren Haipeng, Deng Chunhong, Sun Yu. Research on the application of virtual reality technology in modern education [J]. Computer Knowledge and Technology, 2018(15)：217-220. (in Chinese)

作者简介

崔利杰(1979—) 男,博士,副教授。主要研究方向:航空装备安全性与适航性。

Tel:13488192369

E-mail:lijie_cui@163.com

刘文杰(1983—) 男,硕士,讲师。主要研究方向:教育教学理论研究。

Tel: 15319753660

E-mail: 254446635@qq.com

Development and Practices of the Virtual Experimental Teaching System of Aviation Accident Emergency Response Plan

Cui Lijie*, Liu Wenjie, Ren Bo, Zhang Jiakui, Chen Haoran

Equipment Management and UAV Engineering College, Air Force Engineering University, Xi' an 710051, China

Abstract: There exist many problems in course teaching of the aviation accident emergency response plan, such as the content is boring, the maneuverability is bad and student has little interest, et al. So a virtual teaching system of aviation accident emergency response plan was developed. Based on the suggested functions of the system, the overall architecture, the modeling method and the cooperating method of multi-role were analyzed, and some examples were provided to explain their realization form. The proposed virtual teaching system can not only improve the teaching effect of current aviation accident emergency response plan, but also provide some new thoughts and references to other similar lessons.

Key Words: aviation accident; virtual reality; emergency response plan; experimental teaching system; multi-role

Received:2018-11-05; **Revised:** 2018-11-19; **Accepted:** 2018-12-05

Foundation item: National Natural Science Foundation of China(NFSC71401174,NFSC71701210)

***Corresponding author.Tel. :**13488192369 **E-mail:** lijie_cui@163.com