

# “飞行事故调查与分析”虚拟实验教学系统开发及应用

高建国, 王强

(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:** 将虚拟现实技术引入航空安全专业实验教学, 开展飞行事故调查与分析虚拟实验教学系统开发及应用研究, 以解决传统实验教学存在的弊端和问题。在建构主义教育理论指导下, 对实验目标、实验模式和核心要素进行虚拟实验设计, 采用 Unity3D、Maya 和 Visual Studio 多软件平台, 开发飞行事故调查与分析虚拟实验教学系统, 进而探索实践“课前自学、课中导学、课后拓展”的混合式实验教学模式。教学实践表明, 该实验教学系统激发了学生学习兴趣, 创新了教学模式, 提升了教学效果。

**关键词:** 虚拟实验; 飞行事故调查; 混合式教学; VR 技术

**中图分类号:** G642 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-8874 (2022) 03-0109-06

## Development and Application of Virtual Experiment Teaching System for “Aviation Accident Investigation and Analysis”

GAO Jian-guo, WANG Qiang

(College of Materiel Management & UAV Engineering, Air Force Engineering University, Xi'an 710051, China)

**Abstract:** The virtual reality technology was introduced into the experimental teaching of aviation safety specialty, and the development and application of virtual experimental teaching system for flight accident investigation and analysis were carried out to solve the problems of traditional experimental teaching. Under the guidance of constructivist education theory, the virtual experiment was designed with regard to the experimental objectives, experimental modes and core elements. The virtual experimental teaching system for flight accident investigation and analysis was developed by using the multi-software platforms of unity3d, Maya and visual studio, and the hybrid experimental teaching mode of “self-study before class, guidance in class and expansion after class” was practiced. The teaching practice shows that the experimental system stimulated students' interest in learning, innovated the teaching mode and improved the teaching effect.

**Key words:** virtual experiment; flight accident investigation; blended learning; VR technology

### 一、引言

飞行事故调查与分析是航空安全专业人员的

一项核心业务工作, 具有技术复杂、实践性强和难以复现等特点。在高等教育理论不断发展和新工科领域实验教学改革深入推进的背景下, 传统实验教学内容设置单调、学员参与程度偏低等问

收稿日期: 2021-12-03

基金项目: 2021年度陕西本科和高等继续教育教学改革研究项目(21BZ094); 大学教学成果立项培育项目(校直评[2021]6号)

作者简介: 高建国(1985-), 男, 甘肃武威人。空军工程大学装备管理与无人机工程学院讲师, 博士, 主要从事安全理论与技术研究。

题目渐突出,与培养高素质、专业化航空安全人才的要求已不相匹配。因此,急需转变实验教学思路 and 模式,强化航空安全人才实践能力和创新能力培养。

虚拟实验教学以更加丰富的内容、灵活的操作和直观的方式,拓展了实验教学的广度和深度,延伸了实验教学的时间和空间,为推动“以学生为中心”的实验教学提供了一种全新模式<sup>[1-2]</sup>。目前,虚拟现实技术已广泛应用于航空、煤矿、交通和工程等领域。王新翔采用粒子系统和动力学建模方法,搭建了沉浸感较强的飞机爆炸、起火和冒烟等事故场景,增强了人员培训效果<sup>[3]</sup>。崔利杰从需求分析、功能架构和建模开发等方面提出了开发多角色协同的航空事故应急预案虚拟实验教学系统<sup>[4]</sup>。洪玉玲利用VR技术和360°沉浸式环屏投影技术开发了煤矿事故仿真和安全培训系统,包括危险源识别、灾害模拟、自救逃生、应急救援等多个培训模块<sup>[5]</sup>。苗艺楠运用3DsMax进行交通事故场景三维建模,利用Unity对场景进行交互设计,开发了交通事故虚拟再现仿真原型系统<sup>[6]</sup>。齐宏伟采用VR技术开发了重大基坑坍塌事故虚拟仿真系统,再现了基坑坍塌事故发生过程和真实场景,丰富了安全教育和安全监察培训的内容和形式<sup>[7]</sup>。

鉴于此,在建构主义教育理论指导下,以提升航空安全人才岗位能力为目标,设计飞行事故调查与分析虚拟实验,采用虚拟现实技术开发沉浸式、交互式的飞行事故调查虚拟实验教学系统,并探索实施“课前自学、课中导学、课后拓展”的混合式实验教学模式,进而为提升航空安全人才业务实践能力提供有力支撑。

## 二、飞行事故调查与分析虚拟实验设计

### (一) 实验目标设计

将飞行事故调查规定、调查方法和设备使用融入实验内容,再现飞行事故场景和调查过程,学生通过自主学习和自主实验,对飞行事故调查与分析技术方法进行自主探究。实验设计主要实现如下目标:(1)了解相关法规制度和技术文件对飞行事故调查的基本原则、组织机构、实施程序和工作内容等方面的要求。(2)理解飞行事故调查工作的特点和规律,加深对飞行事故调查的

认识,增强学生的责任感和使命感。(3)掌握飞行事故调查的程序和方法,强化技术方法的实践应用,提升学生对飞行事故调查所涉及的人员、工具、文档等的协调、组织和管理能力。(4)掌握飞行事故调查与分析设备的工作原理和操作使用方法,强化航空安全岗位责任担当。(5)使学生初步具备开展飞行事故调查与分析工作的能力,养成对飞行事故独立思考和科学分析的思维意识,强化安全职业素养,提升岗位任职能力。

### (二) 实验模式设计

根据建构主义教育理论<sup>[8]</sup>,以岗位能力为牵引,突出学为中心,将学生作为事故调查者,按照图1进行实验设计,实现实验模式创新和教学角色的有效转换。

在实验设计的过程中,以学生与教师、学生与实验交互为主要的实验教学途径,利用逼真度高、沉浸感强的飞行事故调查虚拟实验环境,实现学生与教师角色的有效转换。学生由传统的课堂接受者转变为课堂设计者,自主设计并探索完成实验内容,提高实验教学的参与感、掌控力和主动性,增强实验教学的主动性和趣味性;教师由传统的课堂讲授者转变为教学引导者,通过引导学生自主学习、主动探索、积极实践,实现对飞行事故调查涉及知识点的自主探究,提高实验教学效果,强化学生实践创新能力。同时,严格遵循《飞行事故调查程序和技术要求 GJB 2692A-2012》和《飞行事故调查手册》相关规定,保证实验流程和内容符合飞行事故调查的程序要求,确保实验设计的科学性和合理性。

### (三) 核心要素设计

实验教学涉及飞行事故调查全过程,包括调查分析方法运用和调查工具设备使用,因此要掌握核心要素的设计工作。

#### 1. 事故调查程序设计

从飞行事故调查准备、基本调查、分析查证、专项试验、原因分析、做出事故结论和提出安全建议等方面,对飞行事故调查程序进行模拟仿真设计,确保虚拟实验教学过程的完整性和准确性。

#### 2. 事故现场场景设计

实现对事故发生过程、事故现场和飞机残骸分布的再现,包括空中飞行活动、事故现场地形地貌、主残骸坑全貌、飞机残骸及分布情况的仿真设计,场景设计的仿真度达到真实事故现场的再

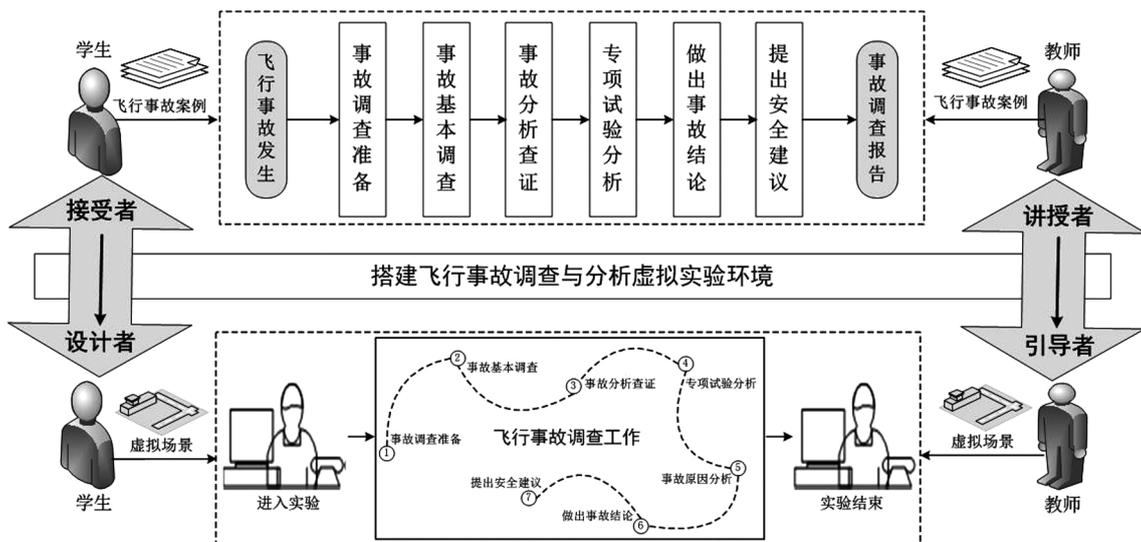


图1 基于建构主义的实验设计思路

现要求, 能够支撑学生开展事故现场调查实验操作。

### 3. 调查工具设备设计

事故调查工具设备使用操作的实验设计, 在外形尺寸、工作原理和操作步骤上与真实设备保持一致。例如, 飞行数据记录器能再现飞行参数数据, 逼真反映飞行参数变化过程; 金相显微镜能对失效部件裂纹表面金相观察, 可支撑专项试验分析操作。

### 4. 证人调查音效设计

飞行事故证人调查和调查过程中的音效设计, 利用专用软件结合真实事故调查合成, 设计仿真度满足事故基本调查工作的要求, 可支撑基本调查实验操作。

### 5. 实验交互操作设计

采用人机交互方式进行实验操作设计, 可根据实验操作进程开展分析判断、收集事故线索、做出事故结论、提出安全建议等交互操作, 支撑学生对实验操作过程进行分析和反思, 能够对实验操作进行自由搭建。

## 三、飞行事故调查与分析虚拟实验教学系统开发

### (一) 系统需求分析

该虚拟实验教学系统开发的核心在于突破传统实验教学的时空限制, 通过构建虚拟实验环境将飞行事故场景和调查过程更加直观地呈现出来,

使学生能够“身临其境”地进行实验操作, 便于直接获取相关知识和培养专业技能, 强化学生综合运用专业知识解决实际航空安全问题的能力。系统开发主要基于以下需求:

#### 1. 传统实验模式效果不佳

飞行事故调查工作涉及面广, 传统的实验教学模式主要依托事故调查报告, 由教师采用案例解剖的形式向学生讲授调查工作的开展, 学生是被动的接受者, 实践过程只能“听得见”。该实验系统的设计与开发, 能够实现学生实验“做得上”“做得了”, 达到提升学生综合实践能力的效果。

#### 2. 真实实验环境难以构建

飞行事故造成的经济损失严重 (通常以亿元计)、社会影响大, 极具破坏性和危险性。现实条件下难以构建一个真实的实验环境供学生开展实验操作练习。即便是真实发生的飞行事故, 往往也是由政府部门授权专门的事故调查机构开展调查分析, 学生不可能进入现场进行实践, 因此限制了学生实验教学的开展。该实验系统的设计与开发, 可为教学内容提供有效的实验环境。

#### 3. 调查工作具有不可逆性

真实情况下开展飞行事故调查需要对事故现场、飞行操纵和飞机可疑故障等进行分析取证, 而取证过程一旦出现原始状态被破坏, 再想恢复是不可能的, 这便要求调查分析人员不能犯错。而对于学生实验教学来讲这一要求比较苛刻。该系统为学生实验操作提供了容错机制, 增强了实验教学的自主性, 有助于岗位能力培养。

## (二) 系统总体设计

实验系统的开发以计算机仿真技术、多媒体技术和网络技术为基础,采用面向服务的软件架构设计,集建模设计、实验指导、数据分析和教学管理为一体,具有良好的自主性、交互性、安全性和扩展性<sup>[9]</sup>。以开放式虚拟实验教学管理平台为支撑,系统利用数据接口的无缝对接,保证学生能够随时随地通过浏览器访问使用,有效帮助学生自主开展实验并完成实验。实验系统的总体架构设计,共分为五层,每一层都为其上层提供服务,直到完成具体虚拟实验教学应用,如图2所示。

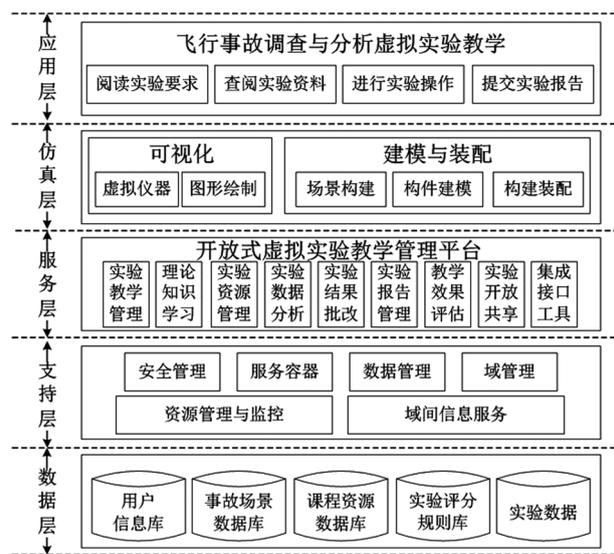


图2 实验系统总体架构

可以看出,实验系统以底层数据库为基础,涉及多种类型虚拟实验组件及数据;以虚拟实验教学与开放共享平台的核心框架,支撑实验正常开放运行;并通过开放式虚拟实验教学管理平台,提供实验教学环境的一些通用支持组件,以便学生能够在虚拟实验环境中完成实验。利用仿真层提供的虚拟仪器、实验场景和通用仿真器,实现虚拟实验教学应用。实验系统设计开发主要实现如下功能:

### 1. 正确的内容演示

系统开发能够覆盖实验教学核心知识内容,准确体现飞行事故调查与分析流程,正确演示飞行事故调查分析方法和设备的使用,既要满足飞行事故调查的专业属性,又要遵循学生的学习训练要求。

### 2. 逼真的实验场景

开发的实验环境能具备直观、细致、全面展示飞行事故现场、调查流程和工具方法的功能,

学生可在事故场景中进行漫游,根据飞行事故发生的时间、空间逻辑,通过观察、咨询和检测等方式确定事故线索。

### 3. 良好的交互操作

能够及时反馈实验操作结果是否正确,通过事故场景体验、调查分析开展和实验报告撰写,对事故原因进行推理,在系统演绎推理功能的帮助下,学生能够找到事故原因,做出正确的事故结论。

### 4. 系统的考核评价

能够对实验操作和教学环节进行全方位考核评价。对于学生,能全程记录实验操作步骤,跟踪实验数据信息,动态标记学生不熟练和错误之处。对于教师,能有效监督反馈学生学习效果、实验环节以及实验结论,通过全面的系统分析评价,为提升实验教学效果提供参考。

## (三) 系统开发实现

实验系统的实现在B/S总体架构下,基于多软件平台进行<sup>[10]</sup>。采用Visual Studio进行系统界面的设计开发,并建立用户信息、实验规则和实验场景等数据库;利用Maya和Unity3D进行飞行事故现场三维模型构建,使学生在沉浸式实验场景中以调查者身份进行实验操作。

### 1. 飞行事故场景开发

模拟飞行事故发生的过程,让学生在三维虚拟实验环境下感受飞行事故发生的过程和事故现场,对事故现场形成整体印象。期间增加火情、爆炸和坠毁等特效,增强实验环境的逼真度和沉浸感。

### 2. 调查分析工作开发

通过移动或点击鼠标,对事故现场的各种痕迹进行检查和判断,察看事故现场地形地貌、主残骸坑全貌、飞机残骸及分布情况;并根据残骸分布判断飞机接地状态,通过实验操作对飞行运动轨迹和飞行员操纵意图进行推断。同时,对飞行事故目击者和当事人进行证人调查,通过点击鼠标显示证人证词和谈话记录,学生根据调查情况推断事故调查线索。

### 3. 调查工具设备开发

通过移动或点击鼠标,对飞行数据记录器进行外观检查,判断飞行数据记录器受损情况,重点对飞行数据记录器记录的飞参数据进行分析。通过选择点击飞参数据类型,显示出现参数变化情况。学生根据飞行参数变化曲线,查看异常数据信息,确定事故线索,作为分析事故原因的依据。

模拟检查、拼凑、分解收集到的飞机残骸,

对拼凑好的残骸碎片进行外观检查, 总体上判断破坏情况, 进一步对残骸检查发现的失效部件进行专项试验分析。使用金相显微镜观察管路接头裂纹, 分析接头裂纹特征, 判断接头裂纹与事故之间的关系。

#### 4. 实验分析结果开发

根据飞行事故基本调查、分析查证和专项试验得到的线索, 将与事故有关的线索, 按照发生的时间顺序和因果系列成事件链, 按照系统提供的实验报告模板, 学生将实验步骤截图、实验分析数据和实验分析结果填入实验报告, 上传提交系统。

### 四、飞行事故调查与分析虚拟实验教学系统应用

在实验教学实施过程中, 坚持“学为主体、教为主导”的教学理念, 依托虚拟实验教学平台, 将传统实验教学向课前延伸、向课后拓展, 探索实践“课前自学、课中导学、课后拓展”的混合式实验教学模式<sup>[11]</sup>。实施流程如图3所示。

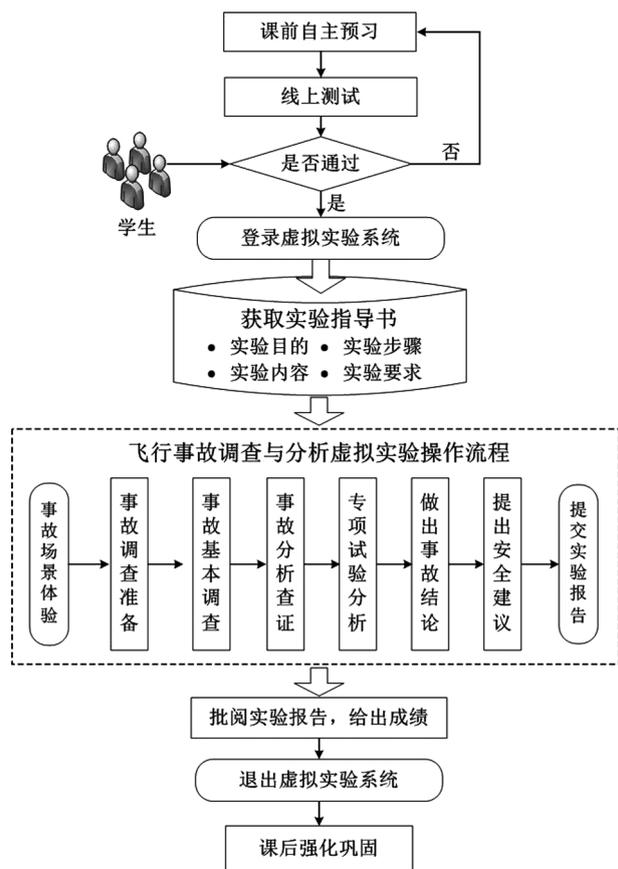


图3 实验教学实施流程

#### (一) 课前自主预习

在实验课前, 学生通过教材、法规文件、慕课和微视频等资源自主学习, 针对实验内容进行理论准备和线上测试, 强化学生对飞行事故调查法规要求、技术方法和设备使用等知识点的理解。教师通过目标设计、资源发布和问题提炼等方式, 让学生更好地认知知识, 并根据实验目的和需要自主探究问题, 引导学生在课前对相关理论和技术问题进行思考, 及时解答学生普遍疑惑的问题。同时, 要求学生提前熟悉虚拟实验系统的使用方法、操作要点和注意事项。

#### (二) 课中导学实验

以实验系统为依托, 学生根据实验指导书明确的实验目的、实验内容、实验步骤和实验要求, 自主探索进行在线实验操作。主要的实验场景包括飞行事故调查准备、基本调查、分析查证、专项试验、原因分析、做出事故结论和提出安全建议等。在实验操作时, 学生自主设计实验、主导实验过程、操作实验装置。实验结果有两种可能: 一是实验设计合理、操作正确, 能够直接给出正确的结果, 学生可进一步探究下一个事故线索, 直至最终给出正确的事故结论; 二是实验结果不正确, 由此可引导学生发现问题, 思考产生问题的原因以及如何改进, 最终找到解决问题的办法。系统全程监测学生的实验进度, 并自动记录和评定学生的实验结果。

在整个实验过程中, 学生是实验的设计者和参与者, 教师主要起引导、释疑和推动的作用, 重点考虑如何实现知识内化, 设计好“怎样让学生更好地理解 and 掌握知识”这一环节。为充分调动学生的自主性, 实验系统从飞行事故调查实际出发, 提供了大量的资料、视频和文件等资源, 从而增强学生知识获取的兴趣和能力。

#### (三) 课后强化巩固

根据实验操作反馈情况, 教师针对性地提出理论和技术问题, 由学生完成交流研讨, 同时教师做好线上答疑辅导。在这一阶段, 教师重点是设计好“如何让学生运用知识去解决实际问题”, 实现知识的融会贯通。通过布置课后测试习题, 实时掌握每名学生的学习效果, 实现精准化指导。通过论坛交流, 进行思维碰撞和智慧升华, 达到对知识进行巩固与升华的目的。

### 五、结语

立足虚拟现实技术在现代教育中的独特优势,

适应航空安全人才培养需求,通过设计开发飞行事故调查与分析虚拟实验教学系统,突破了传统实验教学的时空限制,健全了航空安全专业实验训练条件,创新了实验训练模式,激发了学生开展实验的主观能动性,为航空安全专业课程实践提供了良好的实验教学平台。教学实践表明,飞行事故调查与分析虚拟实验教学系统,能够反映安全专业业务培训真实情况,实验设计和系统开发遵循教学认知规律,提升了学生自主探索能力和实验教学效果,是航空安全专业人才培养训练模式改革发展的重要方向。

#### 参考文献:

- [1] JIN G, NAKAYAMA S J. Experiential learning through virtual reality: safety instruction for engineering technology students[J]. Journal of Engineering Technology, 2013, 30(2): 16-23.
- [2] 黄杏. 基于VR技术的高校创新型人才培养实践教学体系研究[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2019: 2-3.
- [3] 王新翔, 赵罡, 肖文磊. 虚拟飞行场景中事故特效的实时仿真[J]. 图学学报, 2016, 37(2): 243-248.
- [4] 崔利杰, 刘文杰, 任博. 航空事故应急预案虚拟试验教

学系统开发与实现[J]. 航空科学技术, 2019, 30(1): 66-72.

- [5] 洪玉玲. 基于虚拟现实的煤矿事故仿真和安全培训系统[J]. 煤矿安全, 2013, 44(8): 96-98.
- [6] 苗艺楠, 申闫春. 基于Unity3D的交通事故虚拟再现系统研究[J]. 计算机仿真, 2018, 35(12): 122-126.
- [7] 齐宏伟, 张红芬, 田斌. 重大基坑坍塌事故虚拟仿真系统研究[J]. 中国安全生产科学技术, 2018, 14(11): 174-179.
- [8] LICKTEIGM K. Creating meaningful learning through autobiography and constructivist design [J]. Nurse Educator, 2004, 29(2): 89-90.
- [9] 余春华, 邓郁旭. 基于虚拟技术的实验在线教学仿真平台构建[J]. 现代电子技术, 2020, 43(21): 156-160.
- [10] 张凯群, 张西西. 基于Unity3D的地铁安全教育软件的设计与开发[J]. 中国安全生产科学技术, 2019, 15(S1): 156-162.
- [11] 高洪. 基于虚拟仿真技术的工程训练教学[J]. 计算机仿真, 2020, 37(7): 391-394.

(责任编辑: 邢云燕)

(上接第90页)

剧教学, 情景剧只是一种载体形式, 其实质在于学员自主对经典文献的探究, 其基本前提是学员的普遍参与。如果变成了少数积极分子的舞台剧表演, 也就背离了导读教学引入情景剧这一形式的初衷。作为一项倡导学员自主学习的教学活动, 必须通过充分深入的动员和严密得力的组织, 确保全体学员人人参与, 一个都不能少。基本组织方式可以依托学员队建制班, 以班为单位分组实施, 全体学员在教员指导下和班长骨干组织下, 以团队方式开展协作式、探究式学习。从实践看, 这种依托现有建制班、通过学员骨干去组织推动的实施模式, 是行之有效的。

综上, 只有把握好以上四个方面的原则要求, 才能有效利用好情景剧这一新路径, 从而最大程度地调动起学员学习军队政治工作经典文献的积极性, 大大促进学员对经典文献的学习理解, 并使学员的综合能力和素质得到有效锻炼和提升。相应地, 新时代的军队政治工作经典文献教学也

必将随之呈现出既严肃又活泼、既厚重又充满朝气的生机勃勃的新面貌。

#### 参考文献:

- [1] 黄建红, 常丹. 寓教于剧——“情景剧教学法”在教学中的实践应用研究[J]. 广西职业技术学院学报, 2018(5): 82-85.
- [2] 用新时代中国特色社会主义思想铸魂育人贯彻党的教育方针落实立德树人根本任务[N]. 解放军报, 2019-03-19(1).
- [3] 发扬优良传统 强化改革创新 推动我军基层建设全面进步全面过硬[N]. 解放军报, 2019-11-11(1).
- [4] 贯彻新时代军事教育方针 深化军事院校改革创新 培养德才兼备的高素质专业化新型军事人才[N]. 解放军报, 2019-11-28(1).
- [5] 聚焦实现建军百年奋斗目标深入实施新时代人才强军战略[N]. 解放军报, 2021-11-29(1).

(责任编辑: 赵惠君)