

面向新工科的飞机燃油系统虚拟仿真实验设计

陈 聪¹, 武 涛², 姜 颖¹, 师利中¹

(1. 中国民航大学 航空工程学院, 天津 300300; 2. 中国民航大学 交通科学与工程学院, 天津 300300)

摘要:在教育信息化改革的背景下,结合“新工科”建设、AABI(国际航空认证委员会)认证和民航行业发展等需求,构建基于虚拟仿真技术的实验教学体系,针对工程实际问题设计实验项目,以飞机燃油系统全流程维修为设计主线,通过建立人才培养目标指标点支撑矩阵,分析实验需求,优化实验设计,教学实施效果良好。

关键词:虚拟仿真;飞机燃油系统;实践教学体系;新工科;AABI 认证

中图分类号:G434;G642.0 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2022)04-0340-07

近年来,党中央、国务院高度重视教育信息化工作,《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020 年)》指出,“信息技术对教育发展具有革命性影响,必须予以高度重视”,并把“加快教育信息化进程”单独作为一部分进行了专门的阐述。

教育部先后出台《教育信息化“十三五”规划》和《教育信息化 2.0 行动计划》,推动现代信息技术与教育教学深度融合^[1-2],虚拟仿真技术的引入为教育教学模式改革和全面提升教学质量提供了新手段^[3-4]。

在此背景下,中国民航大学积极开展教育信息化改革,自主开发虚拟仿真实验平台及功能用于实验教学,同时将科研成果反哺教学。目前授予软件著作权 3 项,已实现成果转化 1 项,另有 1 项在审批中。

1 实验需求

为使学生深入学习飞机燃油系统运行原理,建立由结构示意至三维数模的认知映射,形成对燃油系统物理分布及加油、输油等主要功能运行原理的直观感知。以虚拟仿真面板平台为基础,了解飞机燃油系统的调控方式及实操控界面,通过交互式的操作让学生对燃油系统输油功能及燃油消耗有更确切的体验。

学习了解飞机燃油系统的典型故障与隔离处理,拓展对燃油系统功能附件结构及排故措施的了解。

利用虚拟仿真技术建立实践教学平台顺应教育信息化的发展趋势和现实需要,必将对高等教育质量的提升和实验教学改革的深化,产生积极而重要的影响^[3]。

2 实验设计

本实验针对飞机燃油系统,涉及飞机燃油系统运行原理、系统操控模拟、系统故障与维护等主要知识点^[5-7]。

2.1 飞机燃油系统运行原理

飞机燃油系统由多个油箱、大量管路和不同功能的阀、泵等附件共同组成,涉及中央翼盒、外翼翼盒等部位,需要执行完成加油、输油和抽/放油等任务。飞机燃油系统组件多、分布散、功能多样,学习掌握燃油系统需要建立在系统结构和整体运行工作原理的基础上,由简入繁,从系统结构示意图对应三维环境下的系统分布与造型,在此基础上学习认知电路控制及主要功能运行原理,如图 1 所示。

燃油系统结构示意图:包括飞机燃油系统组成示意图、系统分布及油路分布示意图等。

燃油系统三维展示:包括中央油箱、主油箱、中央油箱加油管路、主油箱加油管路、发动机供油管路、中央油箱回油管路、APU 供油管路等结构的三维建模与装配,表明相对位置关系。

燃油系统运行原理:燃油供油即在地面上和空中进行的不同油箱间的燃油传递;压力加油即由加油站位为主油箱和中央油箱加油的过程。

收稿日期:2021-11-30

基金项目:中国民航大学虚拟仿真实验教学建设项目(XF2021001);教育部产学研合作协同育人项目(202002052032)。

作者简介:陈聪(1982—),女,辽宁鞍山人,中国民航大学航空工程学院,虚拟维修实验室负责人,讲师,硕士,研究方向为航空维修与故障诊断、虚拟维修与仿真。

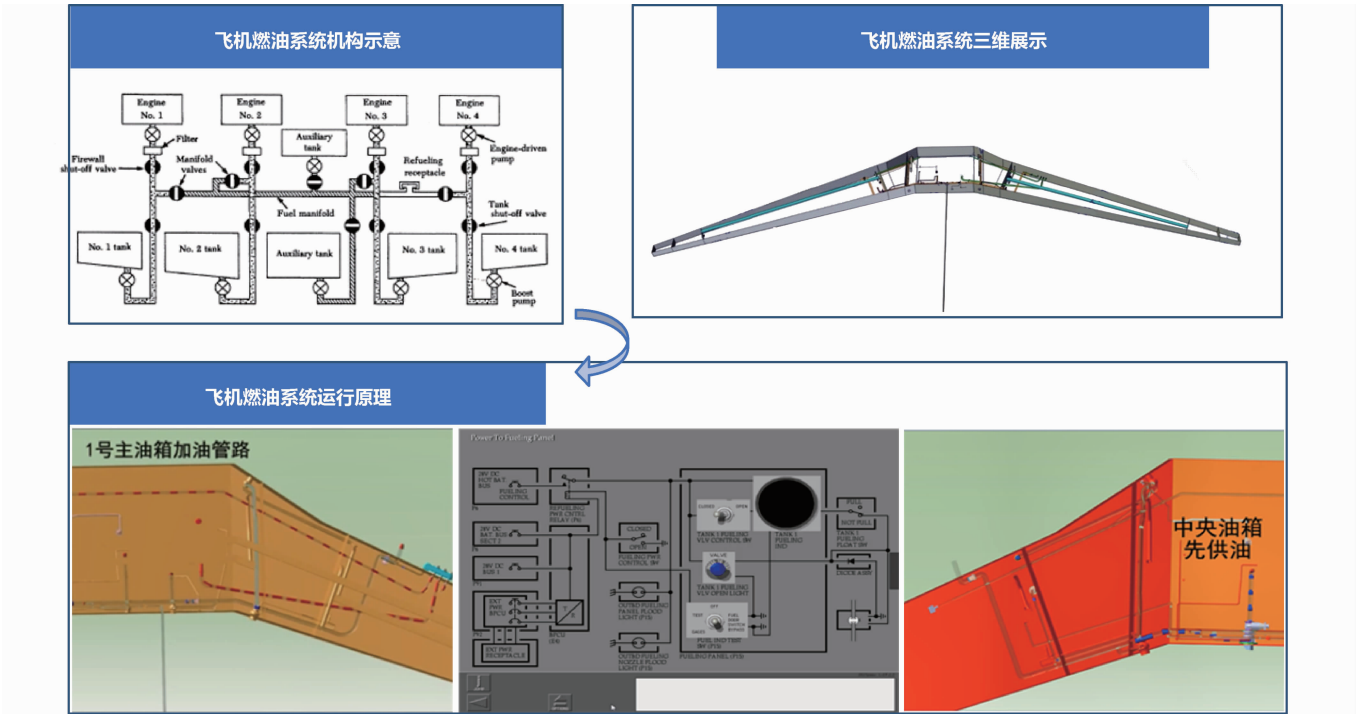


图 1 飞机燃油系统运行原理实验原理示意图

2.2 飞机燃油系统调控模拟

飞机燃油系统通过燃油操纵面板指示燃油的温度和油量,以便于对燃油状态的监控。操控与显示面

板是飞机燃油系统实现与人员交互的主要途径,深入学习燃油系统需要熟悉操控面板及操控响应,并对燃油的消耗预测有一定的了解,如图 2 所示。

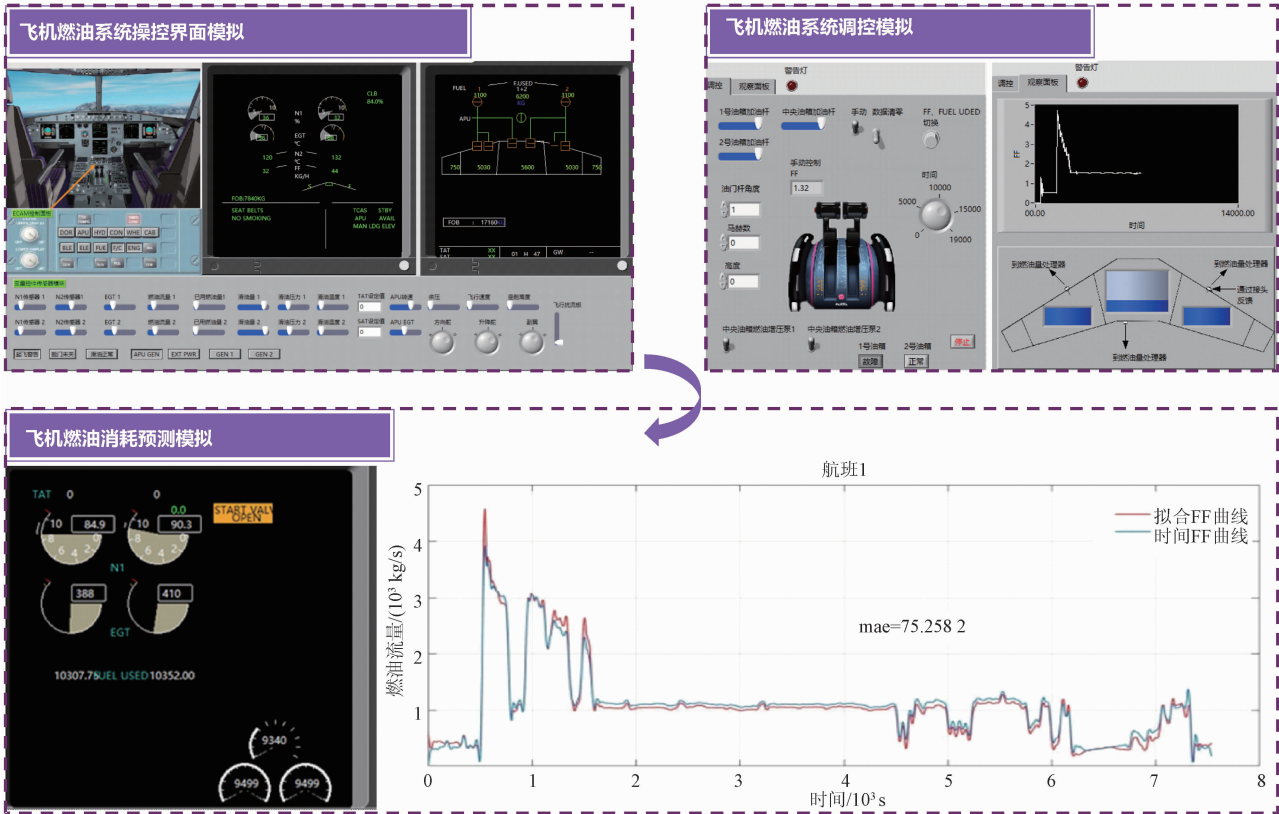


图 2 飞机燃油系统调控模拟原理示意图

操控界面模拟:驾驶舱燃油面板的仿真模型展示、预设参数下的燃油流量显示、指示系统的电路原理模拟。

燃油系统调控模拟:交互式的参数输入及面板模块功能按键的使用。

燃油消耗预测模拟包括由给定参数确定的限定时间内燃油箱油量的变化响应规律^[8-10]。

2.3 飞机燃油系统故障与维护

系统排故与维护是机务专业的重要教学内容。飞机燃油系统的故障与排故可以借助较为成熟的VMT(virtual maintenance training,虚拟维护训练器)、CBT(computer based training)训练软件及AMM手册开展概念与流程学习,在此基础上拓延了解在系统中起重要作用的典型功能附件的结构

及拆卸排故,从而形成较为系统的燃油系统故障与维护认知^[10-11],如图 3 所示。

燃油系统的故障与隔离:基于 VMT、CBT 资料的典型故障处理方法与流程学习。

燃油系统附件结构三维演示:功能性阀及引射泵、燃油泵等附件的三维数模演示。

燃油系统附件拆解与排故:包括典型功能附件三维数模的爆炸图拆解,常见故障的排除工艺介绍。

2.4 人才培养的支撑作用

根据本专业培养方案,将学生的毕业要求分解成若干指标点。通过实验教学项目的实施,可对毕业要求指标点形成很好的支持,对学生知识、能力的培养起到重要作用^[12-14]。支撑矩阵见表 1。

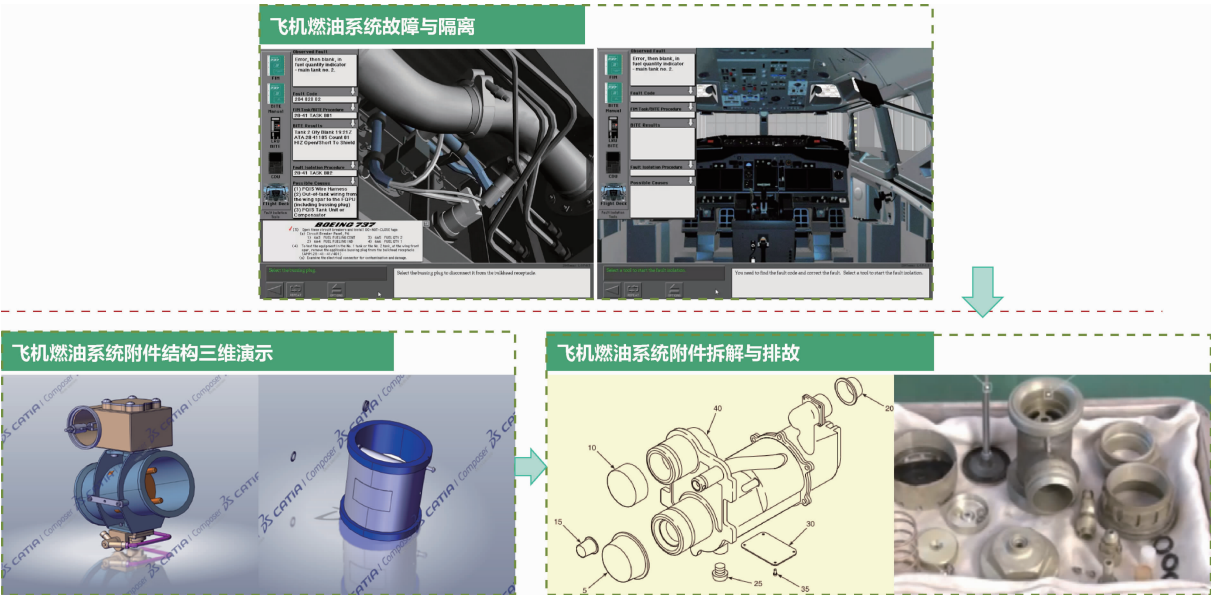


图 3 飞机燃油系统故障与维护原理示意图

表 1 实验教学对毕业要求指标的支撑矩阵

本专业毕业要求指标点	本项目实验内容		
	故障认知	故障诊断	系统建模
与本领域或技术专业相关的知识和技术的深入掌握和理解	√	√	
运用工程师的知识和技术学习和解决问题的能力			√
创新和从事科研工作的能力		√	√
实现科学和技术方案的能力			√
对工程的问题、战略和管理的认识及理解和承担责任的能力		√	√
能够综合运用飞机系统基础知识和专业知识,创新设计产品			√
能够对复杂的工程技术问题进行数学建模或实验室模拟,对复杂工程技术问题进行模拟研究		√	√
能够以中文和英文撰写技术报告和文稿、陈述发言、清晰表达或回应指令		√	√

2.5 重视教学设计

为摆脱传统实验项目“照单操作”、个别学生参与度低等问题,立足民航主力机型,以飞机主要机

电系统为主线,结合工程实践^[14-16]案例,顺应“机电一体化”的行业发展特点,精心设计 20 余项实验模块,提供“菜单式”自主选择以提高学生兴趣及参与

度。满足从“系统原理-机型展现-故障分析、排故设计”等 3 个不同层次、不同课程的多种教学需求^[15]。实验平台基本功能如图 4 所示。

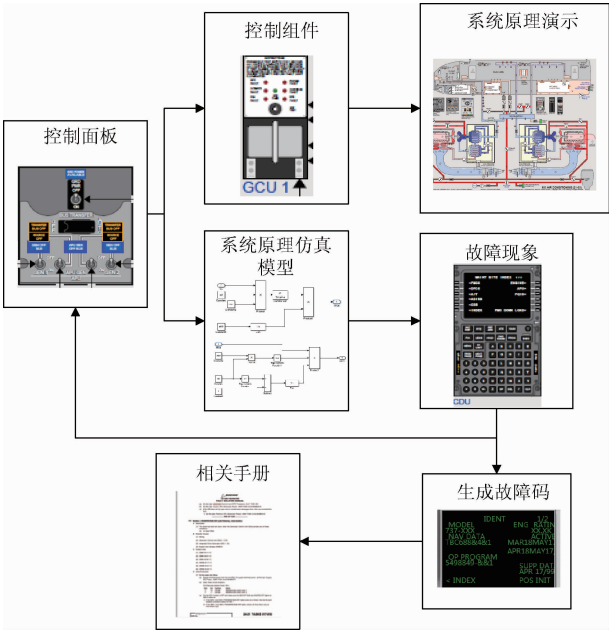


图 4 实验平台基本功能图

本实验平台根据维修工作流程而设计,由维修环境认知、故障诊断隔离、系统数值仿真分析等 3 个主要环节组成。以工程案例为指导,根据维修工作的全工序流程,将实验教学分为 3 个主要环节:维修环境认知、故障诊断隔离、数值仿真分析。实验流程设计如图 5 所示。

在虚拟仿真实验中故障再现、故障隔离、工作原理建模、数值仿真分析等环节又各自可以进行试验参数设定及虚拟工具的使用,分别通过操作和考核环节进行设定。

3 教学实施

针对飞机燃油系统的模拟实验,主要涉及飞机燃油系统运行原理、飞机燃油系统调控、飞机燃油系统故障与维护原理。

3.1 飞机燃油系统运行原理模拟实验

飞机燃油系统包括离心泵、引射泵、控制阀、管路以及位处多处的油箱,涉及附件多,区域跨度大,理解其系统结构及运行原理是学习中的重难点。运行原理模拟实验旨在加深学生对燃油系统结构与功能的认知,了解加油、抽油等工作原理。首先基于结构原理平面图进行区域识别,包括主要附件及油箱区域;随后在结构图与三维数模之间进行关联,实现区域对应;最后展示三维数模的细节,包括

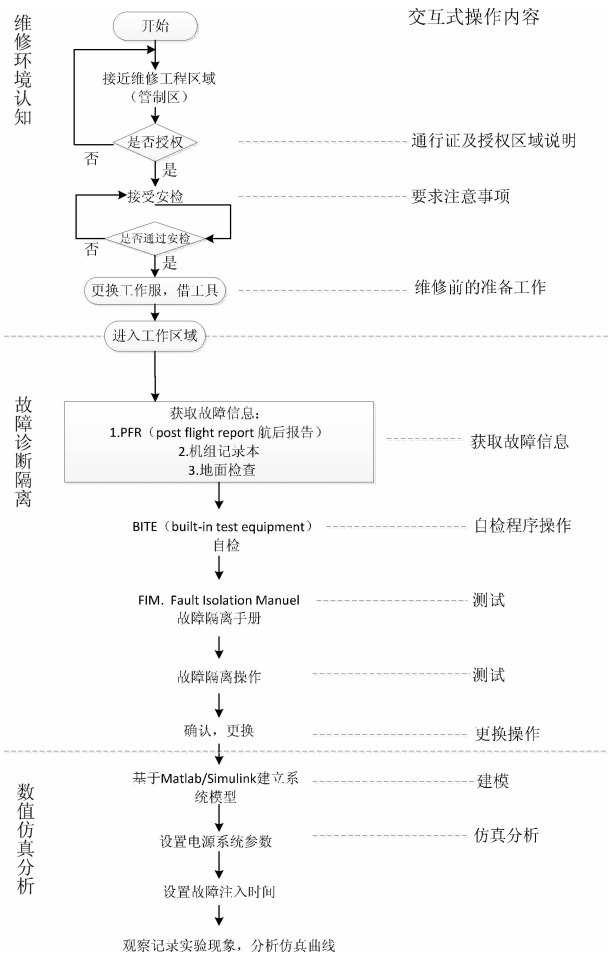


图 5 实验流程设计

可调视图及系统的工作动画,如图 6 所示。

3.2 飞机燃油系统调控模拟实验

飞机燃油系统调控模拟实验旨在加深学生对燃油面板结构与功能的了解,操控感受燃油消耗的调控。在认识了解面板功能和操纵方式后,首先在面板界面上进行飞机参数的输入,随后根据电路原理提示,在 Labview 平台下进行电路操控,观察燃油量的消耗预测,可以多次重复上述操作,并对结果进行总结归纳,如图 7 所示。

3.3 飞机燃油系统维护模拟实验

飞机燃油系统维护模拟实验旨在提供虚拟环境下的修理流程模拟,学生可以按照提示及要求,在故障的定义,排故手册的查询,排故操作,故障分析等多个环节进行分析选择,加深对系统及排故的了解。首先实验平台随机给出库中预定义的燃油系统故障,学生对故障状态表征进行分析,随后查找手册章节,确定排故方案,模拟排故流程,最后给出典型燃油附件的故障,学生学习并选择基本的修理方法,如图 8 所示。

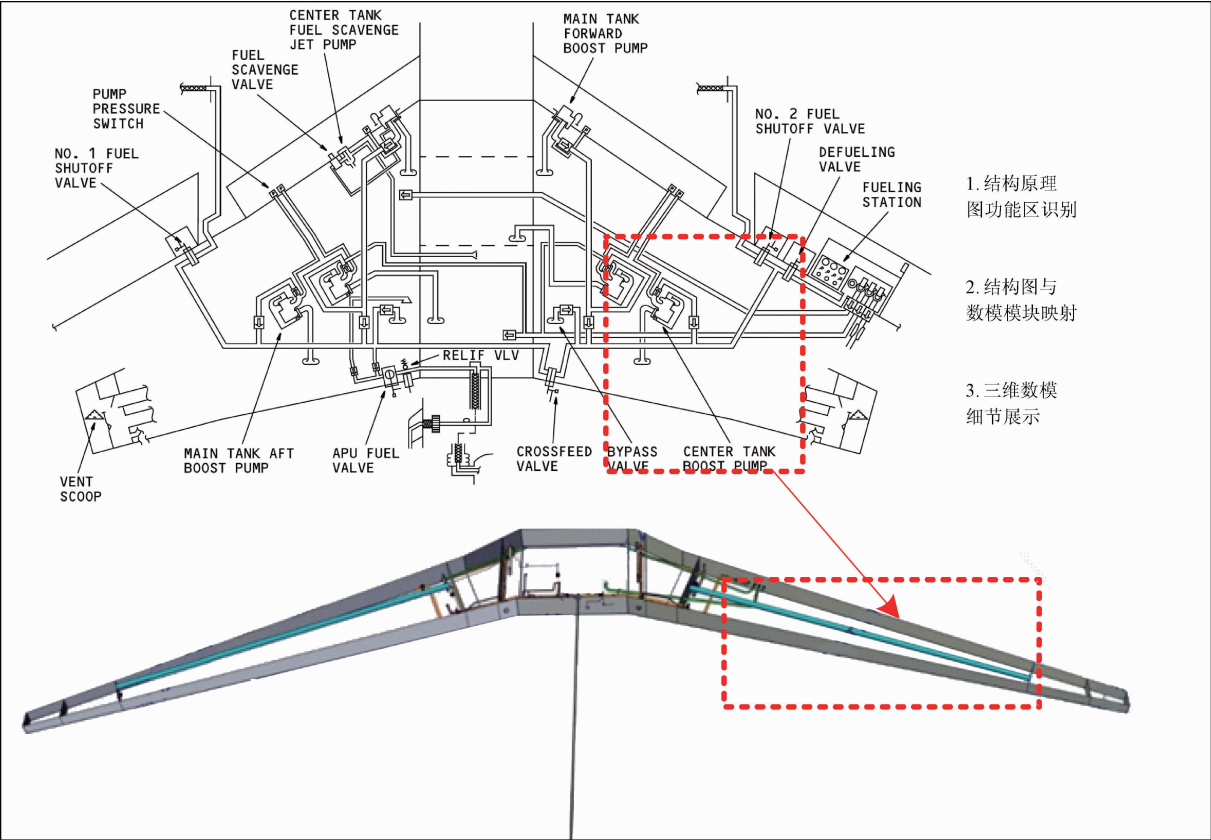


图 6 飞机燃油系统运行原理实验方法流程

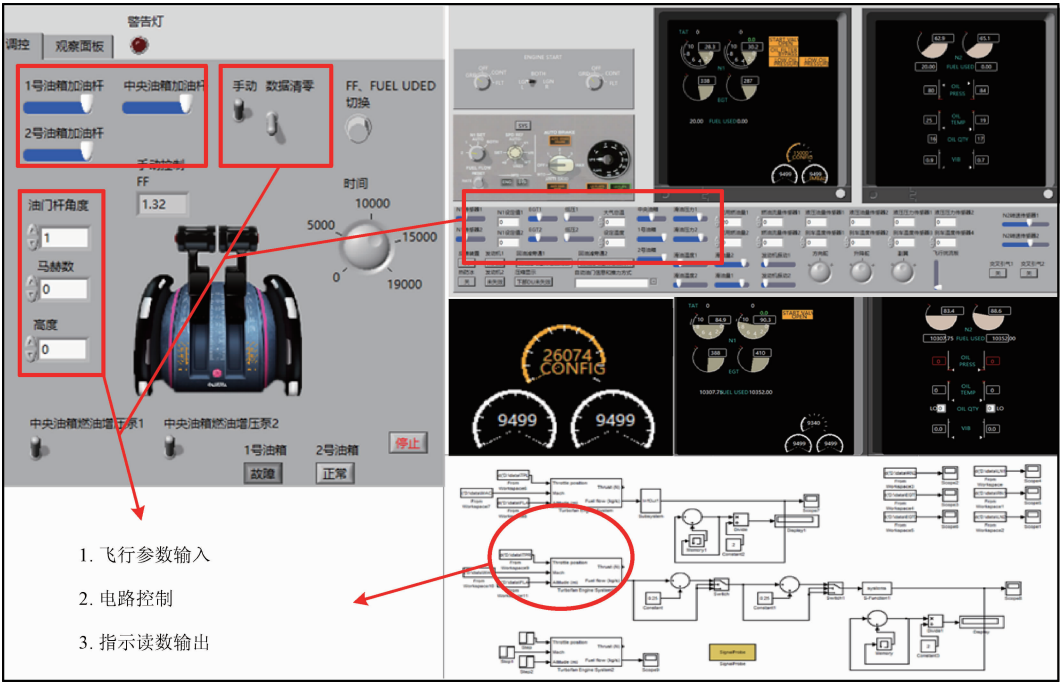


图 7 飞机燃油系统调控模拟实验方法流程

4 特色及创新点

4.1 教学理念与内容创新

项目面向飞机燃油系统,建立从知识原理向模

型功能的认知映射,改善文字和图片教学中存在的“只知其理,不知其物”“瞎子摸象,不识大体”等问题;以机务工作基础为核心,构建涵盖系统原理、机

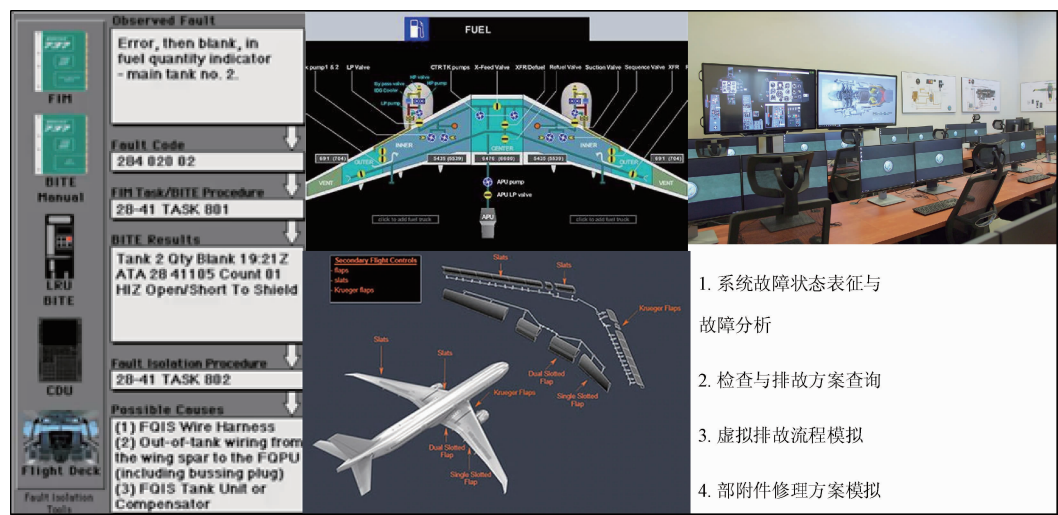


图 8 飞机燃油系统故障与维护实验方法流程

型模型、故障分析和排查设计的多层教学体系;通过由上到下,由聚到散,由因到果的顺序引导,串联知识内容,打通知识点孤岛,最终让学生对飞机燃油系统形成系统、深入的认识。

4.2 教学方法及途径创新

随着信息化技术的不断发展和深入,教育信息化受到了国家的高度重视,利用飞机虚拟维修实践教学平台进行虚拟实验,即是在充分利用虚拟仿真技术的优势基础上,将飞机系统实践教学体系进行了统一规划与梳理,加强了课程之间的关联性,构成有机整体,建立由原理到应用的整体规划,多维度、多层次的教学体系。

在飞机燃油系统实验中,注重对学生的启发教育,将飞机上真实的故障现象模拟重现,启发学生自主思考并查找所使用的技术手册,分析判断故障原因,通过仿真软件进行验证。而并不是以传统的按步骤引导,学生简单的照单重复即可。在逆向排查的过程中,提升学生的独立思考及判断的能力,效果更为明显。

实验结合虚拟仿真技术,利用构建“虚实结合、软硬互补”的可拓展的虚拟仿真实验平台。旨在建立以案例驱动式教学的人才培养模式,借助“虚拟维护训练器”系统深入地将课程体系参考 CDIO 大纲的模式进行改革,开展研究型教学改革,借助虚拟仿真技术以及互联网+时代的多种新媒体形式,将传统课堂教学逐步转化为适应时代发展的多种教学资源课程。

4.3 开放运行模式与评价体系创新

项目采用线上开展视情开放的方式,在保障基

本授课班级需求的基础上,为其他相关专业和学生提供服务。实验要求学生依据实验过程填写实验报告,锻炼学生组织文字及用图表说明问题的能力,实验评价体系的设计坚持以学生为中心、以定量评价为主和科学性原则,根据学生提供的个人或小组报告评定分数。

5 发展规划

在飞机系统课程群实验教学体系的改革、试点、运行过程中,取得了以应用为导向的工程实践教学教育工作的初步成效,培养的学生满足用人单位的需求,学生学习积极性提高、自主学习能力逐步加强。未来,将加大企业参与的力度,不断完善校企联合的实验教学体系。

参考文献

[1] 任友群,郑旭东,吴旻瑜. 深度推进信息技术与教育的融合创新:《教育信息化“十三五”规划》(2016)解读[J]. 现代远程教育研究,2016(5):3-9.

[2] 胡波,冯辉,韩伟力,等. 加快新工科建设,推进工程教育改革:“综合性高校工程教育发展策略研讨会”综述[J]. 复旦教育论坛,2017,15(2):20-27.

[3] 陈国辉,刘有才,刘士军,等. 虚拟仿真实验教学中心实验教学体系建设[J]. 实验室研究与探索,2015,34(8):169-185.

[4] 钟登华. 新工科建设的内涵与行动[J]. 高等工程教育研究,2017(3):1-6.

[5] 李伯聪. 新工程教育之器和新工程教育之道合一的新型工程教育:工程教育哲学笔记之二[J]. 高等工程教育研究,2017(6):44-51.

[6] 张凤宝. 新工科建设的路径与方法刍论:天津大学的探索与实践[J]. 中国大学教学,2017(7):8-12.

[7] 潘海涵,汤智. 大学实践教学体系的再设计[J]. 中国高教

研究,2012(2):104-106.

[8] 陈聪,候磊,李乐乐,等. 基于 GRU 改进 RNN 神经网络的飞机燃油流量预测[J]. 科学技术与工程,2021,21(27):11663-11673.

[9] 陈聪,李乐乐,陈灏,等. 基于 PLS-PSO-Elman 的飞机燃油流量预测[J]. 科学技术与工程,2021,21(5):1963-1973.

[10] 陈聪,金洋,王轩,等. 飞机系统虚拟仿真实实践教学平台开发[J]. 实验室研究与探索,2017,36(4):83-86.

[11] 赵君伟,张程,裘群海. 基于多软件平台的机电液一体化虚拟试验方法[J]. 科技和产业,2021,21(5):335-338.

[12] 黄海燕,续智丹,杨福源,等. 基于校企深度合作的学生工程实践教育模式研究[J]. 实验技术与管理,2019,36(4):188-192,199.

[13] 吴爱华,侯永峰,杨秋波,等. 加快发展和建设新工科 主动适应和引领新经济[J]. 高等工程教育研究,2017(1):1-9.

[14] 孙科学,郭宇锋,肖建,等. 面向新工科的工程实践教学体系建设与探索[J]. 实验技术与管理,2018,35(5):233-235.

[15] 陈聪,姜颖,师利中,等. 以应用为导向的飞机机型课程多维教学体系[J]. 实验室研究与探索,2018,37(3):199-202.

Virtual Simulation Experiment Design of Aircraft Fuel System for New Engineering

CHEN Cong¹, WU Tao², JIANG Ying¹, SHI Lizhong¹

(1. Aeronautical Engineering College,Civil Aviation University of China,Tianjin 300300,China;
2. College of Transportation Science and Engineering,Civil Aviation University of China,Tianjin 300300,China)

Abstract: Under the background of educational informatization reform, combined with the needs of “new engineering” construction, AABI (Aviation Accreditation Board International) certification and the development of civil aviation industry, an experimental teaching system based on virtual simulation technology is constructed, experimental projects are designed for practical engineering problems, and the whole process maintenance of aircraft fuel system is the main design line. By establishing the support matrix of talent training target points, the experimental needs and optimizing the experimental design are analyzed, the teaching implementation effect is good.

Keywords: virtual simulation; aircraft fuel system; practical teaching system; new engineering; AABI certification