

基于虚拟仿真技术的多层次模块化课程建设研究

——以《航空电子系统》课程为例

张晓瑜, 陈玖圣

中国民航大学电子信息与自动化学院, 天津

收稿日期: 2023年1月2日; 录用日期: 2023年1月30日; 发布日期: 2023年2月6日

摘要

为了适应国家对课程建设的引导方向, 解决航空电子系统课程存在的教学内容零散、教学资源单一、教材陈旧等问题, 参考民航工作岗位的相关规范和机型相关技术, 设计了模块化教学内容, 并通过系统输入、处理、输出的逻辑关系对教学内容进行有序衔接, 形成航空电子系统整体概念。设计了层次化开放实验系统, 采用课堂演示、开放实验、创新开发等形式适用于不同需求的学生, 突出学生的多样化发展。教学资源上, 在原有的课程文档基础上, 增加了拓展资源与虚拟仿真资源, 利用虚拟仿真技术开发了能够用于课堂和实验的教学资源库, 实现一套系统链接课堂与实验, 解决了实验场地、实验成本等问题, 同时能够支撑学生的理论学习、实验操作、创新开发等不同需求。课堂设计上, 采用“研究性教学”的方法设计了黑板习题、问题讨论、教师总结、动态演示等环节, 突出“以学生为中心”, 改变传统“以教为主”的方式, 体现了教与学的互动。

关键词

模块化, 开放实验, 虚拟仿真, 研究性教学, 以学生为中心

Research on Multi-Level Modular Curriculum Construction Based on Virtual Simulation Technology

—Taking “Avionics System” as an Example

Xiaoyu Zhang, Jiusheng Chen

College of Electronics Information and Automation, Civil Aviation University of China, Tianjin

Received: Jan. 2nd, 2023; accepted: Jan. 30th, 2023; published: Feb. 6th, 2023

文章引用: 张晓瑜, 陈玖圣. 基于虚拟仿真技术的多层次模块化课程建设研究[J]. 教育进展, 2023, 13(2): 458-467.
DOI: 10.12677/ae.2023.132075

Abstract

According to the national guidance direction of curriculum construction, to solve the problems of scattered teaching content, single teaching resources and outdated teaching materials in the course of avionics system, the modular teaching content is designed with reference to the relevant specifications of civil aviation jobs and the relevant technologies of aircraft. The teaching content is connected in an orderly manner through the logical relationship of system input, processing and output, forming the overall concept of avionics system. To emphasize the diversified development of students, a hierarchical open experiment system is designed in the form of classroom demonstration, open experiment, and innovative development, which can satisfy students with different demands. In terms of teaching resources, on the basis of the original course documents, expansion resources and virtual simulation resources are added. A teaching resource library using virtual simulation technology is developed for classroom teaching and experiment teaching, which can solve the problems of experimental site and experimental cost. It can also satisfy students' different needs such as theoretical learning, experimental operation, and innovative development. In terms of teaching design, the method of "research-oriented teaching" is used, the teaching process consists of blackboard exercises, problem discussions, teacher summaries, dynamic demonstrations and so on. The teaching design highlights "student-centered", changing the traditional "teaching-oriented" approach, and reflecting the interaction between teaching and learning.

Keywords

Modular, Open Experiment, Virtual Simulation, Research-Oriented Teaching, Student-Centered

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 课程建设背景

1.1. 国家关于人才培养与课程建设的导向

《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010~2020 年)》指出：提高质量是高等教育发展的核心任务，是建设高等教育强国的基本要求。牢固树立人才培养在高校工作中的中心地位，着力培养信念执著、品德优良、知识丰富、本领过硬的高素质专门人才和拔尖创新人才[1]。

在国家提高教育质量的政策下，中国大学开始新一轮教学改革，此次改革重点在“以学生为中心”，实行“以学生为中心”的教学制度，增强学生学习的主动性和积极性[2]。

在大学教育中，与学生关系紧密的即为所学课程，课程是教学活动的基本依据[3]。因此，要实现“以学生为中心”的本科教育，提高本科教育质量，核心是注重课程建设，重视教学过程中的教学环节、教学资源、教学方法等方面改革创新。

1.2. 《航空电子系统》课程概述

1.2.1. 课程性质

“航空电子系统”是面向机务类、飞行类专业开设的专业选修课，课程以民航典型机载航空电子系统为重点，突出航空电子系统的基本工作原理、系统框架以及组成、操作等，使学生了解机载航空电子

的相关技术及其在整个飞行过程中的功用, 为学生今后参加维修实习以及从事飞机维修等奠定坚实的基础。

1.2.2. 课程内容

课程内容由大气数据与惯性导航系统、无线电导航系统、电子显示及备用仪表系统、飞机通信系统、交通管制与飞机预警、飞行管理与自动飞行控制系统等章节组成, 各章节主要包括系统的基本原理、机载系统组成、实际机型相关知识等内容, 共 32 学时。如表 1 所示。

Table 1. Teaching contents

表 1. 教学内容

序号	课程内容	课时数
1	大气数据与惯导系统	4
2	无线电导航系统	6
3	电子显示及备用仪表系统	6
4	飞机通信系统	4
5	交通管制与飞机预警	5
6	飞行管理与自动飞行控制系统	7
合计		32

由表 1 可看出, 教学内容包含了机载航空电子系统的大部分内容, 从章节安排上无法确认系统之间的关联, 因此需要教师在授课过程中进行串联, 将各系统之间的交联进行形象化讲解, 使学生具有航空电子系统的整体概念。

1.2.3. 教材情况

目前课程采用的教材是 2005 年编写的校内讲义, 内容以机载系统的基本原理与显示为主。随着新型飞机以及国家对大飞机项目的大力支持, 陆续出版了关于航空电子系统的相关参考书, 例如: 民用飞机航空电子系统[4], 在教学过程中作为课外阅读材料。而校内讲义出版时间已有十年, 与目前先进飞机的机载系统存在脱节现象, 在今后的课程建设过程中需要进行修订。

1.2.4. 教学资源

“航空电子系统”的教学过程中仅有理论教学, 而无实验教学。为了配合学生理解课程内容, 在教学过程中, 借助多媒体、网络平台等多种形式, 在课堂上使用多媒体课件, 其中包含机载系统的基本原理、部分机型机载系统框架与图片等内容, 形象化展示机载航空电子系统; 在网络平台上增加部分机型的 CBT 软件、部分机载系统的相关视频等内容, 供学生课后自行学习, 拓展视野, 增强课堂教学效果。

2. 课程目前存在问题剖析

OBE (Outcomes Based Education, 基于学习产出的教育模式)是以预期学习产出为中心来组织、实施教学的[5], 根据该理念分析目前《航空电子系统》课程的教学内容、教学模式、教学资源等方面存在的问题, 主要包括以下几方面:

2.1. 教学内容与实际机型相脱节

“航空电子系统”面向的学生毕业后大部分是为民航领域服务, 因此, 教学内容需要与民航领域相

关规章以及民航主流机型相匹配。目前民航飞机的相关手册或资料都遵循 ATA100 规范, 而目前的教学内容从章节的分布上, 不能反映出 ATA 规范, 知识的前后逻辑性欠佳。而且随着相关先进通信技术和数据集成技术在飞机上应用, 教学内容需要随着进行更新, 目前的教学内容中缺少数据链技术及其应用、机载维护系统、信息系统等内容。

2.2. 教学资源缺乏学生参与环节

目前的教育资源主要集中在多媒体课件、CBT 软件、相关视频等内容, 课堂中以多媒体课件为主, 辅以 CBT 或视频演示, 各种资源的穿插使用能够较好完成教学任务。但是, 教学过程中发现, 学生对于实际机载系统部分内容的理解欠缺, 主要因为多媒体课件能够很好讲解系统原理与架构, CBT 能够形象化展示实际机载系统, 视频资源能够拓展学生视野, 但是几种教学资源仅限于展示, 学生没有自己参与其中, 对于实际机载系统相关知识的掌握还是比较浅显。而航空电子系统面向的学生毕业后需要在飞机上进行操作, 因此, 课程建设过程中, 需要考虑学生毕业后工作, 通过课程学习能够很好适应将来的工
作, 保证学校“学习产出”的预期目标。

2.3. 教材比较陈旧, 需要进行修订

目前采用的教材是 2005 年编写的校内讲义, 该讲义包括机载电子系统的基本工作原理与显示, 缺少与实际飞机相关的机载系统举例。而且, 随着 B787、A350 等先进飞机在民航领域的应用, 教材需要随着教学内容进行更新, 增加新型飞机的相关技术与应用, 增强机载电子系统整体概念。

2.4. 教学模式比较单一

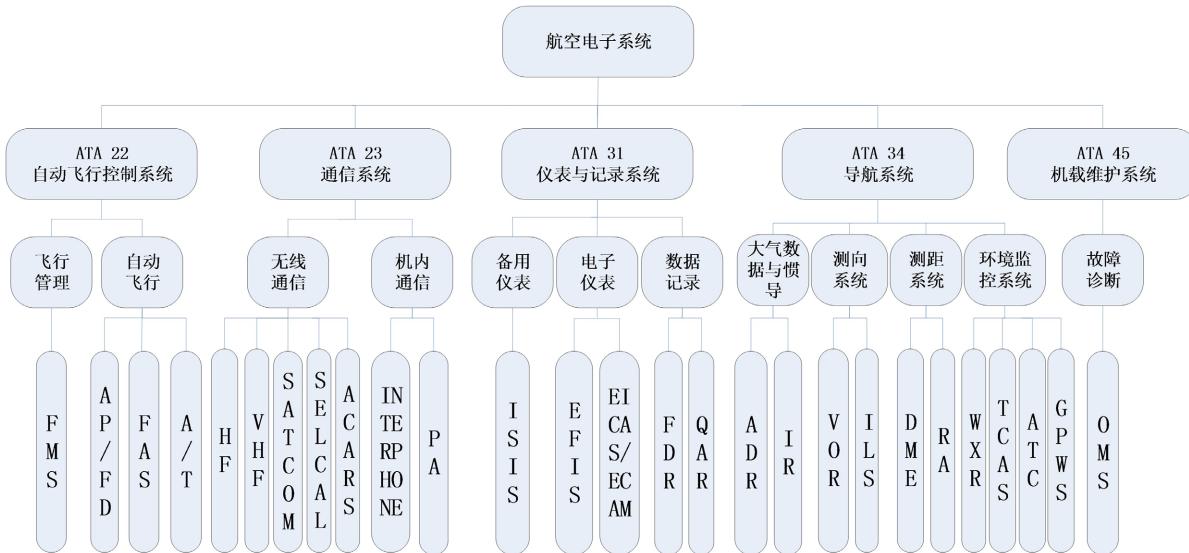
“航空电子系统”的教学大纲中仅有理论学时, 无实验安排, 因此教学过程中完全依赖课堂教学。为了提高教学效果, 在教学过程中采用了多种教学资源, 但是在“以学生为中心”的教育改革中, 课程的教学模式需要由传统“以教为主”的方式逐渐向“以学为主”的方式进行转变, 在教学过程中注重学生的参与度, 调动学生积极性, 使其主动学习。

3. 课程建设实施方案

3.1. 模块化教学内容

基于民航人才培养定位, 在教学内容的规划中需考虑课程对象在毕业后从事的民航领域工作实际情况, 并注重民航相应规章以及应用型人才培养。民航作为国际性行业其运营必须满足国际通用规范, 其中飞机相关手册的编写都遵从国际规范 ATA100。因此, 课程建设过程中以 ATA100 规范为依据, 同时兼顾课程各模块的关联, 对航空电子系统的相关内容进行归类, 按照模块化课程设计的方法[6]规范教学内容, 如图 1 所示。

根据 ATA 章节确定教学内容后, 教学过程中需要考虑各内容之间的逻辑与关联。因此, 把航空电子系统作为一个完整的系统, 飞机的导航系统可以作为飞行过程中飞机控制信息处理的传感器部分, 飞机通信系统作为飞机与地面联系纽带, 飞行管理接收传感器部分数据进行处理, 是飞机控制信息的处理部分, 处理后的信息或指令输入至自动飞行系统控制飞机的飞行过程, 因此, 自动飞行是飞机控制的执行部分。另外, 在飞行过程中, 飞行员需要了解飞机状态或飞行参数, 仪表显示作为系统输出提供显示。机载维护系统是为了保障飞机安全可靠飞行的模块, 在现代飞机上普遍安装, 是机务维护人员与飞机各系统之间进行故障确认的中枢。教学内容的衔接按照系统的输入、信息处理、输出等环节进行教学内容的串联, 第一部分为飞机导航系统、飞机通信系统, 第二部分为飞行管理系统、自动飞行系统, 第三部分为仪表与记录系统, 最后部分为机载维护系统。章节内容的顺序安排如图 2 所示。

**Figure 1.** Modular teaching contents of avionics systems**图 1.** 航空电子系统模块化教学内容**Figure 2.** Sequence of teaching contents**图 2.** 教学内容的顺序

在系统概述部分通过飞行与地面汽车驾驶过程的类比讨论，将航空电子系统之间的逻辑关系与学生阐述清楚，使其首先具有航空电子系统整体概念，然后从传感器部分、信息处理部分、执行部分以及故障诊断四大部分进行讲解，从而加深各部分的基本原理和机载实际系统工作情况的理解。

3.2. 层次化开放实验

本课程无实验教学环节，但是，在“以学生为中心”的教育理念下，需要充分发挥学生的积极主动性，增加学生参与的环节，因此，本课程的实验设计为开放式的实验，以兴趣吸引学生主动进行实验，从而提高学生对航空电子系统的理解。

在实验的设计上，因课程覆盖学生范围比较广，实验场所受限，需要在有限资源环境下实现多层次的教学。随着虚拟仿真技术的发展，国家从政策上支持虚拟仿真教学，而民航行业属于高风险行业，以实际工作环境或材料进行实验耗资巨大，因此，本课程的开放实验基于虚拟仿真教学改革思路，采用层次化设计[7]，分为课堂演示教学、开放式实验教学、创新开发平台三个层次，满足不同层次的教学需求。

3.2.1. 课堂演示教学

课堂演示教学主要用于辅助多媒体理论教学，在系统基本工作原理基础上形象化展示机载系统的组成、工作过程与显示等。课堂演示教学采用 A320 的 CBT 以及虚拟仿真素材库软件，CBT 实现机载显示的直观展示，虚拟仿真的软件系统实现机载系统工作过程的动态演示。教师根据教学内容以虚拟仿真素材库系统为主、CBT 为辅的形式，实现课堂上能够演示机载系统组成、工作过程、显示等动态过程，演示样例如图 3 所示。以动态演示的形式能够激发学生学习兴趣，加深对系统基本工作原理的理解。



Figure 3. Classroom demonstration teaching
图 3. 课堂演示教学

3.2.2. 开放式实验教学

开放式实验主要为了引导学生独立搭建机载系统，增加了系统设计环节，学生在虚拟仿真的实验环境中运用课堂所学知识自行组建实验系统，并完成机载系统正常运行与故障的现象。通过开放的实验教学，增加了学生自行设计、自主实验、独立验证的过程，使学生能够将课堂所学在虚拟仿真系统中进行验证，既激发其学习兴趣，突出其主动性，彰显“以学生为中心”，又提高了教学效果，开放式实验环境样例如图 4 所示。

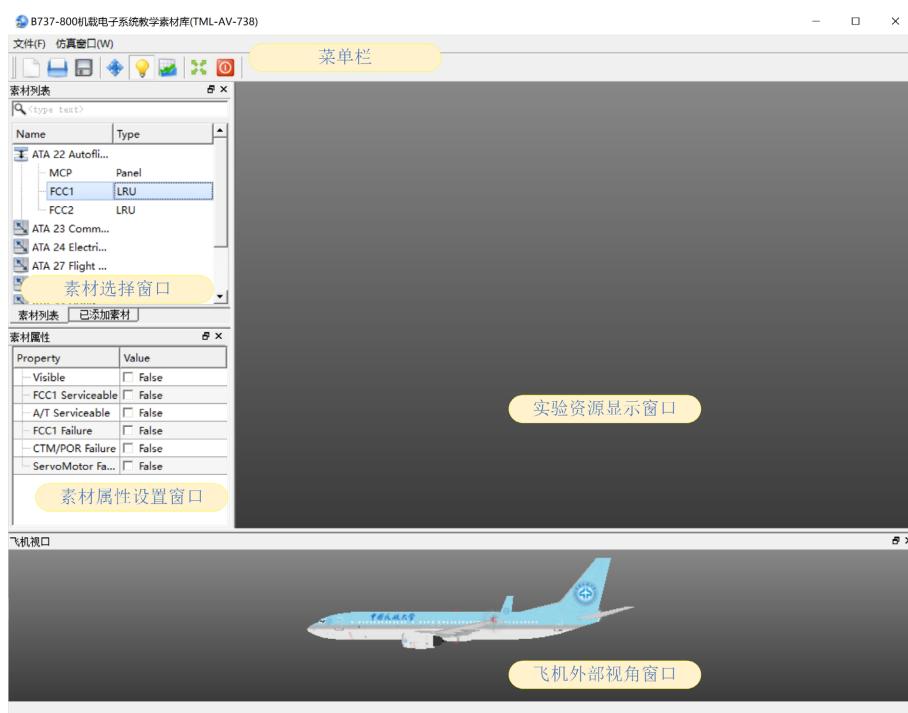


Figure 4. Open experimental environment
图 4. 开放式实验环境

3.2.3. 创新开发平台

为了提高学生应用能力和创新能力, 民航特色专业的实验教学需要不断拓展实验教学内涵, 课堂教学与课外科技活动相结合, 实验实践教学与科研工作相结合。基于虚拟仿真创新开发平台, 在教师指导下, 学生可自主完成系统设计、研究与开发, 如图 5 所示。在该平台上进行机载系统仿真功能的开发, 支持其参加科技创新活动, 为专业方向发展提供平台。同时, 对于复杂的机载系统, 例如: 飞行控制系统, 将机械、电子、电气等专业相互融合, 需要多学科多专业知识, 在科技创新活动中, 学生可根据创新项目自主组建跨学科、跨专业的项目团队, 培养其综合分析能力、系统应用能力、团队合作与创新能力, 将学生从“被动学习”转变为“主动学习”, 在实践中不断培养创新精神与创新能力[8]。

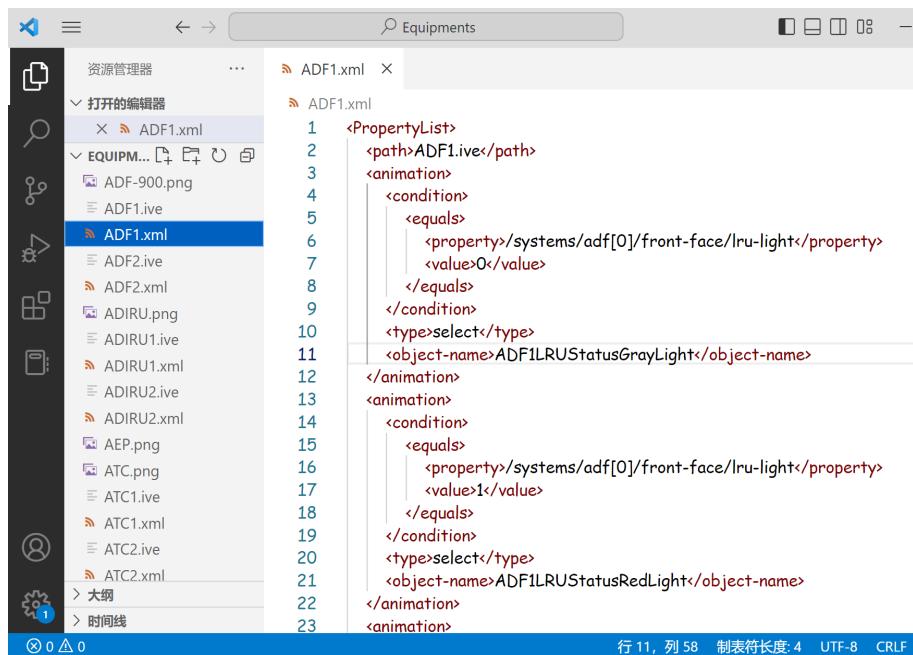


Figure 5. Innovative development platform

图 5. 创新开发平台

3.3. 立体化教学资源

随着信息化技术的推广应用, 教学资源应该类型多样、内容丰富、多自建网站。结合立体化教学资源建设思路, 航空电子系统的教学资源建设主要包括理论教学资源、拓展资源、开放平台资源等三方面, 如图 6 所示。

3.3.1. 理论教学资源

理论教学资源包括课堂教学所需的教学文档以及多媒体课件, 用于学生课后辅助课堂教学, 使学生能够及时掌握教学进度, 查阅教学内容。同时对教学内容有整体的理解, 了解课程重点与考核方式, 并通过习题验证课堂学习效果。

3.3.2. 拓展资源

拓展资源主要为了开阔学生视野, 选取与飞机相关的维修手册、飞行手册等工作现场使用的资料, 引入网络 Bb 平台, 使学生能够提前熟悉与工作岗位相关的内容。同时, 将多方收集的视频资料(包括机载系统相关知识的视频、飞机维修现场视频、飞机制造过程等与飞机相关的视频)加载到 Bb 平台, 供学

生课后观看, 丰富民航相关知识。另外, 利用手机的微信平台建立信息共享群, 将“航佳技术”等公众号推荐给学生, 或者选取与工作岗位相关的文章分享给学生, 实现工作岗位经验引入教学。

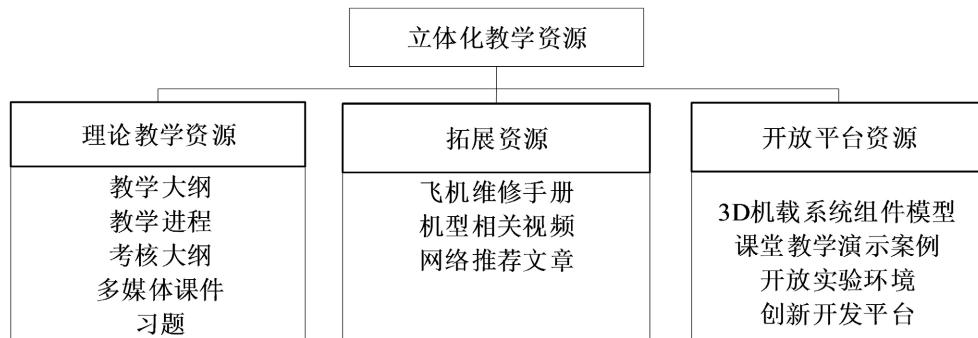


Figure 6. Stereoscopic teaching resource

图 6. 立体化教学资源

3.3.3. 开放平台资源

基于虚拟仿真技术开发的软件系统利用 3D 建模、虚拟现实等技术复现机载系统的真实运行状态。系统将多种机型的机载系统拆分至组件或单元级别, 通过简单的界面操作可将各组件组成独立系统, 实现某机载系统的操作与显示。各类教学资源以 ATA100 规范为依据归类, 符合民航领域规范要求, 使用者在使用过程中能够很方便找到相应素材, 其查找方法与飞机维修手册查询方法类似, 无形中加深了学生对 ATA 章节的识记。

开放平台资源包含了机载主要系统的素材, 通过分析机载各系统的组成、工作原理、操作逻辑等内容, 总结出机载系统可分为如下几部分: 电源模块、计算机模块、输入/输出模块, 如图 7 所示。

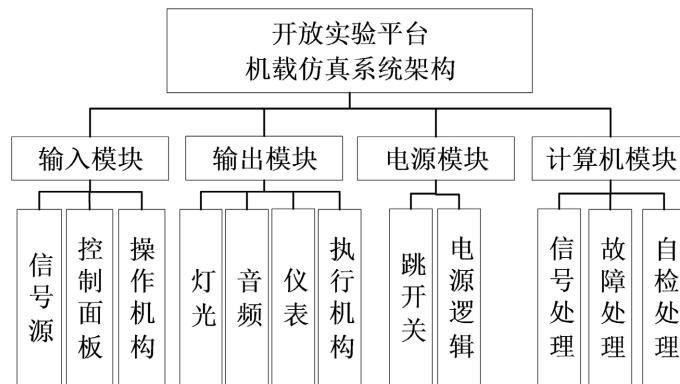


Figure 7. Architecture of virtual simulation system

图 7. 虚拟仿真系统架构

输入模块实现离散、数字、模拟等信号的输入与输出, 包括来自操作机构的数字式或离散式信号(例如操纵杆、起落架手柄、油门杆等)、来自控制面板的数字或离散信号(例如无线电管理面板、近地警告控制面板等)、来自天线的模拟信号等内容。该模块的外观采用几何建模的方式, 利用 3DMAX、AC3D、Creator 等三维建模软件构建机载系统组件的立体模型, 然后采用 OpenSceneGraph 系统实现模型渲染, 仿真真实机载系统组件的效果, 使视觉感官效果达到与实际机载系统基本一致, 提高仿真度。

输出模块以可视化的形式展示机载系统输出的效果, 包括仪表显示(例如飞机姿态、发动机参数、导

航信息以及故障信息显示等)、音频(例如近地警告系统的音响警告以及某机载系统出现故障时声音提示等)、灯光(例如主警告灯或者控制面板上的灯光提示等)以及执行机构(例如液压系统与操纵舵面等)。该模块中, 仪表显示、灯光显示的飞机参数或灯光显示图片为不同变量, 采用计算机图形技术[9]实现驾驶舱效应的仿真。通过 3DMAX、AC3D、Creator 等三维建模软件建立执行机构中机械结构立体模型, 通过图形渲染技术仿真执行机构的效果, 从而达到对执行机构中机械结构的图形化仿真。

电源模块实现仿真组件通电逻辑, 实现电源通断、故障等情况的处理。该模块通过软件建模的方式, 在系统内采用程序语言实现电源模块的正常与异常操作。

计算机模块实现机载各计算机的功能模拟, 包括正常信号处理、故障分析以及自检等内容。该模块通过 3DMAX、AC3D、Creator 等三维建模软件构建计算机的立体模型, 采用数值方法根据计算机的功能建立模型, 模拟计算机的信号处理、计算过程, 实现真实飞机不同机载系统的正常操作、异常处理以及自检等过程。

开放实验平台可独立运行于台式机或笔记本电脑, 因此能够比较方便地引入课堂教学过程中, 同时可以在实验机房的电脑上运行用于学生自主实验, 实现了一套实验平台链接课堂与实验教学, 达到可灵活组构的效果。

3.4. 互动式课堂设计

教学要激发学生的好奇心, 要以学生为主体。课堂设计是否合理、能够调动学生主动性对学习效果有直接影响。在课堂教学环节中, 以调动学生积极性、鼓励学生参与课堂活动为主, 改变传统“以教为主”的方式, 主要包含黑板习题、课题讨论、教师总结讲解、机载系统演示等环节组成, 如表 2 所示。

Table 2. Design of interactive classroom

表 2. 互动式课堂设计

课堂组织	教学环节	学生	教师
黑板习题	回顾前节知识	做题: 验证前节知识掌握	总结: 加深前节知识理解
课题讨论	引入问题	讨论: 思考教师给定题目	倾听: 发现与教学内容相关的点
教师总结讲解	解决问题	发言: 针对讨论结果阐述	总结: 机载系统基本工作原理
机载系统演示	总结知识点	实做: 观看演示或参与实验	总结: 课堂总结与实例动态演示

在课程开始之前, 在黑板上列出习题, 该部分的习题是对上次课知识点的总结, 学生在做题过程中对上次课内容进行了复习, 教师根据学生习题情况将各知识点进行串联, 巩固其学习效果。然后通过事先准备的讨论课题, 例如: “如何能利用无线电信号确定一条线”来引出仪表着陆系统中航向道、下滑道的原理。在讨论环节中, 可以发挥学生的积极性, 能够将前续课程所学用于课题讨论, 教师从课题讨论过程中寻找与机载仪表着陆系统相关的点, 对讨论中缺失的内容进行引导, 直至接近机载仪表着陆系统的实际情况。然后教师对学生讨论进行总结, 引出机载仪表着陆系统确定下滑线的基本原理, 讲解基本原理后再引入实际机载系统演示, 动态演示机载仪表着陆系统的组成、工作过程、显示等内容。最后系统演示的过程中对整节课内容进行了总结。

3.5. 特色化教材建设

课程建设包括特色教材建设, 《航空电子系统》作为专业选修课应该突出民航特色, 现有讲义已使用十年, 与目前主流机型的相关机载系统存在脱节, 因此, 教材建设需要根据教学内容、新型飞机系统

等进行更新。在章节的编排上,按照模块化教学内容的划分,按照系统概述、通信系统、导航系统、自动飞行控制系统、显示与记录系统、机载维护系统等六部分内容。在每章的结构上分为理论基础、机载系统举例两大部分,机载系统举例部分采用主流机型同时加入新型飞机的相关技术,突出相关理论在民航飞机上的应用。

4. 结语

通过分析国家对课程建设的引导方向和“航空电子系统”目前课程现状,总结出该课程存在教学内容零散、教学资源单一、教材陈旧等问题。按照民航实际工作岗位的相关规范,参考民航领域机型相关技术,采用模块化设计的方法归纳了教学内容,该模块化的教学内容能够独立成章,保证了课程模块的可移植性,同时通过课程内容的有序衔接能够形成航空电子系统整体概念,保证了航空电子相关知识的完整性、有序性。针对课程无实验教学环节的问题,设计了层次化开放实验系统,采用课堂演示、开放实验、创新开发等形式适用于不同需求的学生,突出学生的多样化发展。针对教学资源单一的问题,在原有的课程文档的基础上,增加了拓展资源,用于课后开阔视野,同时利用虚拟仿真技术开发了能够用于课堂和实验的教学资源库,实现一套系统链接课堂与实验,解决了实验场地、实验成本等问题,该资源能够支撑学生的理论学习、实验操作、创新开发等不同需求。在课堂设计上,采用“研究性教学”的方法,合理设计了教学环节,体现了教与学的互动。今后在该课程建设过程中,仍需加强教材的修订以及课程评价问卷调查,通过学生的反馈获取课程建设过程中存在的不足,根据不足进行补充修订,形成课程建设的闭环系统,达到不断提高教学质量的目的。

基金项目

天津市普通高等学校本科教学质量与教学改革研究计划重点项目:国际航空认证与一流建设专业双驱下的电子信息工程专业建设探索(项目编号: A201005903);中国交通教育研究会教育科学研究课题:“双一流”背景下线上线下混合式课程改革方法研究——以《无线电导航原理与系统》课程为例(项目编号: JTYB20-134)。

参考文献

- [1] 国家中长期教育改革和发展规划纲要工作小组办公室. 国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010-2020年) [EB/OL]. http://www.scio.gov.cn/xwfbh/xwbfh/wqfbh/2012/0906/xgzc/Document/1212065/1212065_2.htm, 2011-03-25.
- [2] 周光礼, 黄容霞. 教学改革如何制度化——“以学生为中心”的教育改革与创新人才培养特区在中国的兴起[J]. 高等工程教育研究, 2013(5): 47-56.
- [3] 刘献君. 抓住四个关键问题 加强大学本科课程建设[J]. 中国高等教育, 2013(17): 40-43.
- [4] 金德琨. 民用飞机航空电子系统[M]. 上海: 上海交通大学出版社, 2011.
- [5] 顾佩华, 胡文龙, 林鹏, 等. 基于“学习产出”(OBE)的工程教育模式——汕头大学的实践与探索[J]. 高等工程教育研究, 2014(1): 27-37.
- [6] 袁暨, 许强, 王晓峰, 等. 基于应用型人才培养的模块化教学改革研究——借鉴德国 FH 成功经验[J]. 合肥学院学报: 自然科学版, 2011, 21(4): 56-60.
- [7] 郑建颖, 黄伟国, 朱忠奎, 等. 多层次全方位实验教学探索与实践[J]. 实验科学与技术, 2014, 12(5): 118-120.
- [8] 卢飒. 电工电子多层次实验教学体系的建设[J]. 电气电子教学学报, 2015(6): 105-108.
- [9] 王文举, 李光耀. 虚拟维修仿真技术的研究与进展[J]. 系统仿真学报, 2011, 23(9): 1751-1757.